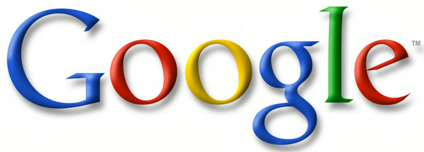
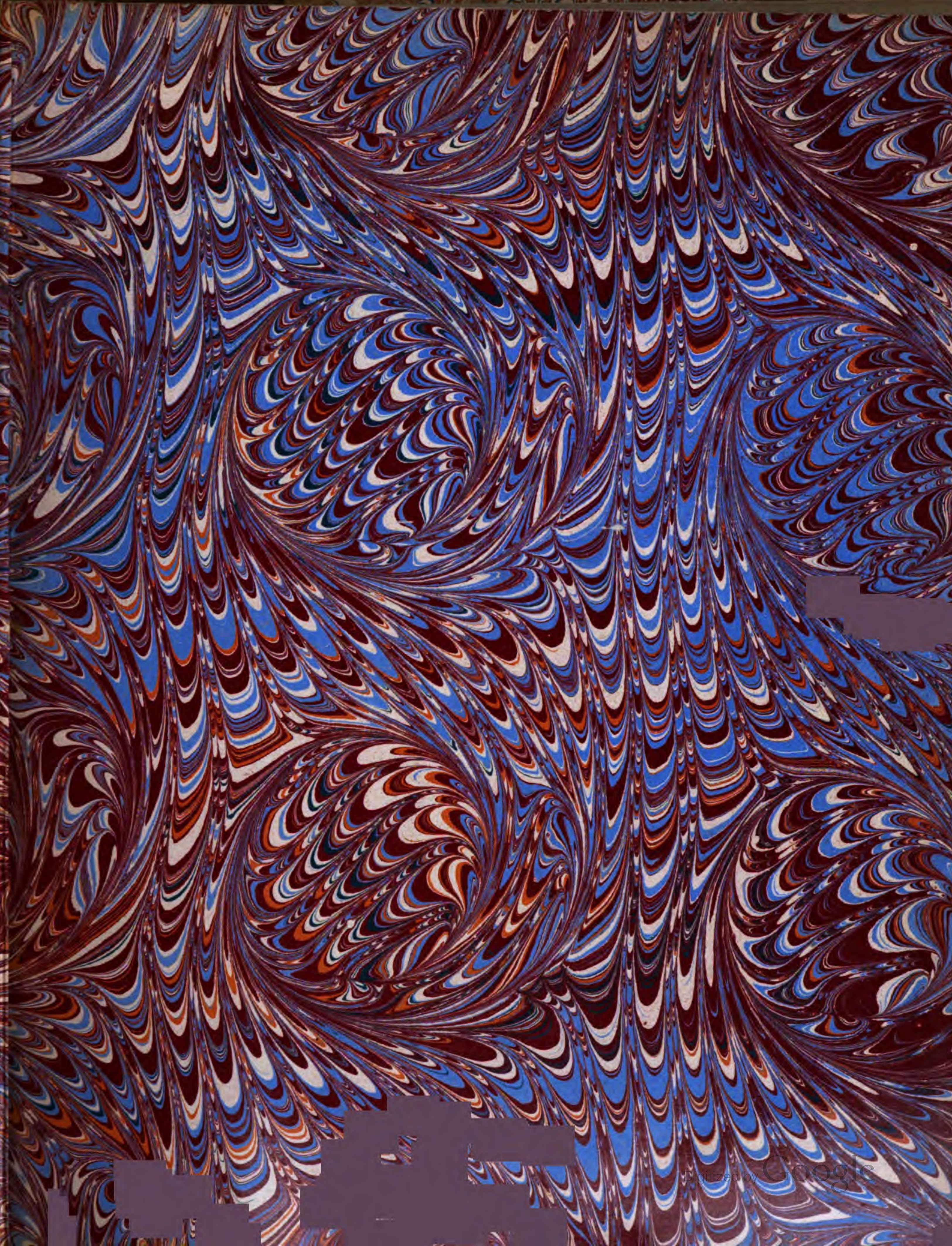





3 2044 106 399 835



UNTERSUCHUNGEN AUS DEM GESAMMTGEBIETE

DER

MYKOLOGIE.

FORTSETZUNG DER SCHIMMEL- UND HEFENPILZE.

VON

DR. OSCAR BREFELD.

XIII. Heft:

Brandpilze (Hemibasidii) IV.

(Fortsetzung des V., XI. und XII. Heftes.)

Inhalt:

O. Brefeld, R. Falck, Die Blüteninfektion bei den Brandpilzen und die natürliche Verbreitung der Brandkrankheiten.

Mit 2 Lichtdrucktafeln.

MÜNSTER i. W.
COMMISSIONS-VERLAG VON HEINRICH SCHÖNINGH.
1905.

Vorrede.

Die vorliegenden Untersuchungen, welche vorzugsweise die neu entdeckte Blütheninfection bei den Brandpilzen und damit im Zusammenhange die natürliche Verbreitung der Brandkrankheiten zum Gegenstande haben, bilden die Fortsetzung der schon in drei Theilen im VII., XI. und XII. Bande dieses Werkes veröffentlichten Arbeiten über Brandpilze.

Es würde nicht möglich gewesen sein, diese neuen Untersuchungen in dem erreichten Umfange auszuführen, wenn nicht das Cultusministerium meinem Antrage gemäss die bereitwillige Geneigtheit gehabt hätte, die erforderlichen Mittel zu bewilligen.

Es gewährt mir eine hohe Befriedigung an dieser Stelle meinem ehrerbietigen Danke hierfür Ausdruck geben zu können.

Breslau, im September 1905.

Professor **Brefeld.**

Inhalt.

Seite

Vorrede.

Einleitung 1
Die Blütheninfection bei den Brandpilzen 13
Methoden der Blütheninfection 16
Die Blütheninfection beim Weizen 21
Die Blütheninfection der Gerste 33
Die Infection des Hafers 45
Die Blütheninfection bei Melandryum 48
Die Infection der Wasserpflanzen 52
Die Infection der Maispflanze 54
Die Infection der Mohrenhirse 57
Die Infection der Rispen- und der Kolbenhirse 59
Schlussbetrachtung 63
Zur Stickstoffassimilation 70

Die Untersuchungen über die Brandpilze und Brandkrankheiten, welche in dem 5., 11. und 12. Theile[1]) dieses Werkes veröffentlicht sind, reichen in ihren Anfängen bis in die letzte Hälfte der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Es war dies die Zeitperiode, in welcher ein merklicher Stillstand in der Erforschung der Brandpilze und Brandkrankheiten eingetreten war. Schon mehr als 25 Jahre waren verflossen, als Tulasne[2]) die Keimung der Brandsporen in Wasser methodisch durchgeführt und festgestellt hatte, dass diese Sporen nicht zu Mycelien auskeimen, sondern zu kurzen Keimschläuchen, welche mit dem frühen Stillstand ihres Wachsthums fructificativ werden und Conidien ausbilden. Tulasne bezeichnete diese fructificative Art der Sporenkeimung als die Keimung mit Promycelien und Sporidien. Er hatte eine fast übereinstimmende fructificative Auskeimung auch bei den Dauersporen der Rostpilze beobachtet und auch hier die gleiche Bezeichnung eingesetzt, mit welcher er wohl schon ahnungsweise die nahen verwandtschaftlichen Beziehungen beider Pilzformen zum Ausdrucke brachte.

Inzwischen sind auch bereits Infectionsversuche mit den Brandsporen, deren eigenartige Keimung nun durch Tulasne festgestellt war, ausgeführt worden, um

---

[1]) Botanische Untersuchungen über Hefenpilze. — Untersuchungen aus dem Gesammtgebiete der Mycologie. V. Heft. Die Brandpilze I. Verlag von Arthur Felix, Leipzig. 1883. — Band XI. Die Brandpilze II. Die Brandkrankheiten des Getreides. Commissionsverlag von Heinrich Schöningh. Münster 1895. — XII. Heft. Hemibasidii, Brandpilze III. Commissions-Verlag. Münster i. W. 1895.

[2]) Tulasne, Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Uréd. Ann. d. sc. nat. 3. Série Tome 7, 1847 — Seconde Mémoire s. l. Urédinées et les Ustilag. Ann. d. sc. nat. 4. Série, Tome 2, 1854. — Bekanntlich hat vor Tulasne schon Prevost die Keimung der Brandsporen in Wasser beobachtet und hieraus die Brandkrankheiten auf parasitisch lebende Pilze zurückgeführt.

bei den verschiedenen, zugehörigen Nährpflanzen die Brandkrankheiten zu erzeugen. Diese Infectionsversuche sind vorzugsweise von J. Kühn[1]) gemacht worden, und sie ergaben das Resultat, dass die entwickelten Nährpflanzen gegen die Angriffe der Brandkeime widerstandsfähig und gesichert sind, und dass die Infection beschränkt bleibt auf das kurze Stadium der Auskeimung des Saatgutes. Die schon früher eingeführte erfolgreiche Desinfection des Saatgutes mit Lösungen von Kupfervitriol, die die Brandsporen töten, erhielt durch diese Feststellungen ihre natürliche Erklärung und Werthschätzung.[2]) Die Samenkeimlinge werden von den Infectionskeimen, die mit ihnen in Berührung kommen, im Boden befallen; diese dringen schnell durch die jungen Gewebe bis zum Vegetationspunkte der Keimlinge vor, wachsen in diesen fort, um erst später an der zur vollen Grösse entwickelten Pflanze die Brandlager, zumeist in den Fruchtknoten, auszubilden. Der Ort, an welchem der Brand an den befallenen Pflanzen in die Erscheinung tritt, liegt demnach möglichst weit entfernt von den Stellen der Infection am jungen Saatgute. Während der Dauer der Entwicklung der Nährpflanzen ist von der Wirksamkeit der Infection nichts zu erkennen. Die Anpassung der Parasiten an ihre Wirthe ist eine geradezu vollendete. Der Parasit kommt erst in dem letzten Stadium der Entwicklung zur äusseren Erscheinung.

Die gewonnenen Kenntnisse nach der einen Seite über die fructificative Auskeimung der Brandsporen durch Tulasne und die Erfahrungen nach der anderen Seite über die Art der Infection der Nährpflanzen durch die Brandkeime nach Kühn, ergänzten sich in so einfacher und natürlicher Weise, dass es der Vorstellung leicht wurde, sich ein geschlossenes Bild von der Aetiologie der Brandkrankheiten zu machen. Die fructificativ im Boden auskeimenden Brandsporen dringen mit Hülfe der gebildeten Conidien in die jungen Keimlinge ein, und erzeugen die Brandkrankheiten, die erst mit der vollendeten Entwicklung der Nährpflanze in die Erscheinung treten.

Für weitere und neue Angriffspunkte zur Fortsetzung der Untersuchungen der Brandkrankheiten war nach den vorliegenden Erfahrungen kaum noch eine Lücke geblieben und hierdurch wird es erklärlich, dass nun in der fort-

---

[1]) Kühn, Die Krankheiten der Kulturgewächse. Berlin 1858, und spätere Arbeiten.

[2]) Die fungicide Wirkung des Kupfers für Brandsporen ist ebenfalls schon von Prevost angegeben worden.

schreitenden Erkenntnis ein längerer Stillstand, wie schon hervorgehoben, eintreten konnte.

Hier setzten meine Untersuchungen ein. — Ich begann die Beobachtungen mit Keimungsversuchen der Sporen von den verschiedensten Brandpilzen, soweit sie mir zugänglich wurden. Bei diesen Versuchen musste ich mich stets von Neuem von der auffälligen Thatsache überzeugen, dass die Auskeimung der Brandsporen im Wasser eine mangelhafte und träge war. Es keimte in der Regel nur ein Theil der Sporen aus und ihre Keimprodukte, die Conidien der Promycelien, waren bei ihren weiteren Auskeimungen so passiv, dass nur selten Keimschläuche aus ihnen gebildet wurden. Darüber hinaus verhielten sich Sporen von anderen Formen der Brandpilze sogar ganz negativ; sie waren im Wasser überhaupt nicht zum Keimen zu bringen, z. B. die Sporen des allverbreiteten Maisbrandes, die auch bis dahin Niemand hatte auskeimen sehen. Man wurde angesichts dieser Keimungserscheinung unwillkürlich vor die Frage gestellt, wie es diesen schwächlichen Keimlingen der Brandsporen möglich sein sollte, die Nährpflanzen zu erreichen, in diese einzudringen und die Brandkrankheiten zu erzeugen. Noch schwieriger wurde diese Frage, wenn man sie auf die Sporen ausdehnte, die überhaupt nicht auskeimen wollten, wie der Maisbrand.

Diese stets wiederkehrenden Erscheinungen bei den Keimungen der Sporen im Wasser wiesen mit unabweisbarer Nothwendigkeit darauf hin, dass an dieser Stelle in unseren Kenntnissen eine Lücke bestehen müsse, und dass ohne die Mitwirkung weiterer noch unbekannter Factoren für die Auskeimung und Entwicklung der Brandsporen die Existenz der Brandpilze und Brandkrankheiten in so allgemeiner Verbreitung, wie wir sie in der Natur antreffen, kaum als möglich gedacht werden konnte.

Die hier vermutheten noch unbekannten Entwicklungsstadien fanden sich dann sehr bald, als ich die Keimung der Sporen statt in Wasser in Nährlösungen und in Nährsubstraten versuchte, wie ich es schon vorher bei einer Reihe von anderen parasitisch lebenden Pilzen erfolgreich durchgeführt hatte.[1]) Es zeigte sich zunächst, dass die sonst nur vereinzelt auskeimenden Sporen sogleich in der Gesammtheit zur Keimung angeregt wurden, und dass sogar die Brandsporen, welche in Wasser überhaupt nicht keimten, wie die Sporen des Maisbrandes, sofort ausnahmslos zur Keimung übergingen. Die Ent-

---

[1]) Vergleiche die Arbeiten, welche im Heft IV dieses Werkes veröffentlicht sind.

wicklung in den Nährlösungen war eine so üppige, wie sie nur bei anderen Pilzen, die rein saprophytisch leben, beobachtet werden konnte. Wer hätte beim Anblicke dieser üppigen saprophytischen Entwicklung auf den Gedanken kommen können, dass es sich hier um Entwicklungsglieder der specifischsten aller Parasiten handele, die bisher nur in bestimmten Formen von lebenden Pflanzen und sogar nur in bestimmten Theilen von diesen beobachtet worden sind.

Die hier nachgewiesene saprophytische Ernährung erfolgte nicht blos in einem, sondern in beliebigen Nährsubstraten, die für die Kultur in Verwendnng kamen; die Parasiten verhielten sich demnach ausserhalb der Nährpflanze ganz so wie andere saprophytisch lebenden Pilze es tun, die nicht zugleich als Parasiten vorkommen.

Bei der Kultur in klaren Nährsubstraten ergab sich weiter, dass die mit der Keimung der Sporen gebildeten Conidien sich in vielen Fällen in direkter Sprossung vermehrten, ohne ihre Form zu verändern. Sie stellten in dieser Art der Vermehrung verschiedene Formen von Sprosspilzen dar, welche durch die Gestalt der Sprosse, durch den bestimmten Ort der Aussprossung und die baldige Abtrennung der Sprossglieder von einander charakterisiert sind. Diese Sprossconidien, die sich in unendlichen Sprossungen bis zur Erschöpfung der Nährsubstrate vermehrten, sind also hier, wiewohl sie äusserlich den Eindruck gewöhnlicher Hefenpilze machten, als abgelöste Entwicklungsglieder unserer Brandpilze erwiesen worden. Einzelne dieser Sprossconidien hatten die Fähigkeit auch in der Luft ihre Sprossungen fortzusetzen und hier Conidien auszubilden, die durch die Luft vertrieben werden, wie z. B. die Sprossconidien des Maisbrandes. Die Keimungen der verschiedenen Brandpilzformen in Nährlösungen sind in dem 5. Teile dieses Werkes dargestellt [1]) und namentlich auch die dazu gehörigen Sprossconidien, wie sie sich bis zur Erschöpfung der Nährsubstrate fortsetzen, abgebildet worden.

In dem 12. Theile dieses Werkes finden sich weitere Ergänzungen über die Keimung der Brandsporen und namentlich auch über die morphologische Beurtheilung der Sporenauskeimung in Promycelien mit Sporidien. Zur richtigen Deutung mussten hier die umfangreichen seit Jahren fortgesetzten Untersuchungen über die Basidiomyceten vorausgehen, deren Ergebnisse in dem 7. und 8. Bande [2])

[1]) Vergl. die Abbild. auf den 13 Tafeln im V. Teile dieses Werkes l. c.

[2]) Man vergleiche hierzu die Abbildungen auf den Tateln des VII. und des VIII. Bandes dieses Werkes.

dieses Werkes vereinigt sind. Es zeigte sich, dass die Basidien der Basidiomyceten in zwei verschiedenen Formen auftreten: Einmal in bestimmt gegliederten Basidien, die aus jeder Zelle eine Spore bilden, und dann aus einzelligen ungegliederten Basidien, welche eine bestimmte Anzahl von Sporen, meist 4, auf der Spitze erzeugen.[1]) Diese beiden Formen der Basidien, Proto- und Autobasidien benannt, zeigten nun eine auffällige Uebereinstimmung mit den zwei Formen der Promycelien, welche bei der Keimung der Brandsporen ausgebildet werden. Die Formbildung der Promycelien bei dem einen Typus der Ustilagieen ist völlig übereinstimmend mit der Gestalt der Basidie der Protobasidiomyceten und ebenso ist das ungetheilte Promycelium bei den Tilletien mit seinen apical gebildeten Sporidien ganz gleich geformt den Basidien der Autobasidiomyceten. Der Unterschied zwischen den genannten Formtypen der Brandpilze einerseits und den beiden Basidienformen der Basidiomyceten andrerseits ist allein darin gegeben, dass die Zahl der Sporen bei den ersteren noch eine unbestimmte, bei den letzteren aber zu einer bestimmten fortgeschritten ist.[2]) Die Promycelien sind also nichts anderes wie Basidien, welche die höhere und typische Formausbildung der Basidien noch nicht erreicht haben. Die Basidien der Ustilagineen sind demnach die Vorstufen der eigentlichen Basidien bei den Basidiomyceten. Sie geben die Erklärung über den natürlichen Gang der morphologischen Differenzierung, der zur Bildung der Basidien geführt hat. Die Gliederung und Formbildung in den Basidien ist die gleiche, nur in der Zahl der Sporen besteht noch die Verschiedenheit. Die Hemibasidien der Ustilagineen haben also schon die charakteristische Form der Basidien, aber noch keine bestimmte Zahl der Sporen. Die Steigerung der Vorstufen zur vollendeten Basidie findet sich erst bei den eigentlichen Basidiomyceten vor. Die Ustilagineen sind demnach Hemibasidiomyceten. Sie führen in ihren Typen das eine Mal mit getheilten, das andere Mal mit ungetheilten Hemibasidien in der einen Reihe zu den Protobasidiomyceten und in der anderen zu den Autobasidiomyceten natürlich hinüber.[3])

---

[1]) Man vergleiche hierzu die Abbildungen auf den Tafeln dos VII. und VIII. Bandes dieses Werkes.

[2]) Hierzu sind die Abbildungen der Tafeln des V. und des XII. Bandes mit den vorher genannten des VII. u. VIII. Bandes zu vergleihen.

[3]) Wir werden hier unwillkürlich wieder an Tulasne erinnert, der die fructificative Auskeimung bei den Ustilagineen und bei den Uredineen auf Grund ihrer Formüberein-

In dem Formenkreise der Ustilagineen mit Protohemibasidien findet sich noch die interessante Ergänzung in der Ausbildung der Hemibasidien dahin, dass es Formen giebt, wie sie z. B. in Ustilago longissima und Ustilago grandis[1]) vorliegen, bei welchen die Hemibasidie noch nicht typisch in der Formbildung geworden ist, und bei welchen die Conidien immer von Neuem wieder zu unregelmässigen Hemibasidien auswachsen. In Ustilago bromivora[2]) sind die Hemibasidien typisch geworden, aber die Conidien wachsen immer noch zu Hemibasidien aus. Erst bei den weiteren Formen der Gattung Ustilago z. B. Ust. carbo, Ust. maydis, Ust. sorghi (cruenta[3]) etc. ist die Hemibasidie zu einer einmaligen typischen Bildung bei der Keimung der Brandsporen eingeschränkt, mit den Conidien als Nebenfruchtformen, wie bei den typischen Basidiomyceten. In dieser Einschränkung ist die Steigerung gegeben, durch welche die Hemibasidie zu ihrer höchsten Ausbildung gelangt. Man vergleiche die ausführlichen Darstellungen im 12. Bande, wo auch die neue Nomenclatur auf phylognetischer Grundlage begründet ist.

In dem Gesammtgebiete der Morphologie sind Fälle von natürlicher Verwandtschaft in der Steigerung vom Einfachen zum Vollkommeneren in so klarer und überzeugender Weise nicht wohl festgestellt, wie sie hier bei den Formen der Hemibasidiomyceten und der eigentlichen Basidiomyceten vorliegen. Diese Aufklärungen in der eigenartigen Gestaltung der Basidien sind zu einer der nun-

---

stimmung als die Keimung in Promycelien und Sporidien gemeinsam bezeichnete. Tulasne hatte die Keimung der Sporen nur in Wasser beobachtet, und hier zeigte sich in den Promycelien der Ustilagineen und der Uredineen allerdings keinerlei Unterscheidung. Die charakteristische Formabweichung, welche gleichwohl zwischen beiden besteht, konnte erst festgestellt werden durch die Kultur der Sporen der Ustilagineen statt in Wasser in saphrophytischen Nährsubstraten. Hier erst erwiesen sich die Promycelien Tulasne's bei den Ustilagineen als Hemibasidien gegenüber denen der Uredineen, deren Promycelien sich aus dem Vergleich als typische Basidien, als Protobasidien, ergaben. Tulasne ahnte, wie schon gesagt, die natürliche Verwandtschaft beider Formenreihen, aber es war ihm noch nicht vergönnt, die charakteristischen Unterschiede festzustellen, die zwischen den beiden Formtypen dennoch bestehen. Dies ist erst möglich geworden durch die fortschreitende Methodik in der Kultur und Untersuchung der Pilze, wie sie durch mich in die Wissenschaft eingeführt ist, und ganz vorzugsweise dadurch, dass ich die bis dahin geltende Auffassung durchbrach, nach welcher die parasitischen Pilze, und hier speciell die Brandpilze, für ihre Entwicklung nur auf ihre Nährpflanzen angewiesen seien.

[1]) vergl. Tafel VIII und IX im Hefte V. — [2]) vergl. Tafel X desselben Heftes.

[3]) vergl. Tafel II, III, IV und VII.

mehr unerschütterlich feststehenden Stützen geworden für das natürliche System der Pilze, wie es in den letzten 6 Teilen dieses Werkes auf vergleichend morphologischer Grundlage begründet und vollendet worden ist.

Dies ist das unerwartete Ergebniss der Keimung der Brandsporen in Nährlösungen nach der phylognetischen Seite für den Aufbau des natürlichen Systems der Pilze. Es führte zu der natürlichen Werthbestimmung der Basidie und erst durch diese zur Erkenntniss wie der Gang der morphologischen Differencirung in der Richtung der Basidien erfolgt ist.

Darüber hinaus haben die neuen Thatsachen von dem saprophytischen Leben dieser Pilze nun aber auch nach einer anderen Seite neue und wichtige Aufklärungen ergeben. Die früher bestehende Auffassung, nach welcher die parasitisch lebenden Pilze allein auf die zugehörigen Nährpflanzen für ihre Entwicklung angewiesen seien, hat nunmehr eine völlige Niederlage erlitten. Selbst die Brandpilze, die specifischsten unter allen Parasiten, haben sich nur als facultative Parasiten erwiesen. Damit ist jeder Zweifel gehoben, dass der Parasitismus selbst als nichts anderes gelten kann, als eine bloss angepasste Erscheinung, die mehr oder minder ausgebildet bei den verschiedenen Formen der Parasiten wiederkehrt.

Die bei der saprophytischen Ernährung auftretenden neuen Formenbildungen ergänzen nun erst das Bild von der morphologischen Gestaltung dieser parasitischen Pilze zu einem einheitlichen Ganzen. Abgesehen von der zuerst betonten morphologisch biologischen Seite kommt aber jetzt noch besonders die pathologische zu ihrer Werthschätzung. Erst mit den neuen Formbildungen, welche sich bei dem saprophytischen Leben unserer Pilze ergeben haben, ist es möglich geworden, sich eine natürliche Vorstellung zu bilden, wie diese Pilze als Parasiten zu ihrer Wirkung kommen. An Stelle der spärlichen, schwächlichen Sporenkeimlinge im Wasser sind die neuen Sporenbildungen gekommen, welche sich in unendlicher Fülle saprophytisch ausbilden und welche bei ungeschwächter Energie der Entwicklung imstande sind, die Nährpflanzen anzugreifen und erfolgreich zu befallen.

Die Infectionsversuche mit diesem neugewonnenen Material von Infectionskeimen sind bald nach ihrer Auffindung eingeleitet worden. Es wurden für die Versuche zunächst drei Formen von Nährpflanzen ausgewählt. Erst die Mohren-

hirse, dann der Hafer und drittens der Mais mit den dazu gehörigen Brandformen.[1])

Für die Infectionsversuche mit den genannten Nährpflanzen kamen zunächst nur die Sprossconidien in Verwendung, welche in Nährlösungen gezogen und mehr als einen Monat in diesen in steter Entwicklung resp. Sprossung erhalten wurden. Die Virulenz dieses Materials wurde darin geprüft, dass in jedem Falle die Auskeimung der zu verwendenden Sprossconidien nach beendigter Sprossung zu kräftigen Keimschläuchen erfolgte. Die Sprossconidien wurden bei der Mohrenhirse in verdünnter Nährlösung auf das eben austreibende Saatgut mit Hülfe eines Pulverisators in möglichst kleinen Tropfen angeblasen. Diese Infection an den jungen Keimlingen hatte den Erfolg, dass im Herbst bis 70 pCt. brandige Pflanzen zur Erscheinung kamen. Zu dieser Art der Infection eignet sich die Mohrenhirse wegen ihres langsamen Wachsthums der Keimlinge besser als andere Versuchspflanzen, und es war hier weiterhin leicht möglich, die Grenze festzustellen, bis zu welcher die Infection an den wachsenden Keimlingen noch wirksam ist. Es erwiesen sich die eben austreibenden Keimlinge am empfänglichsten; mit weiterer Verlängerung des Keimlings nahm die Empfänglichkeit ab, und sie erreichte ihr Ende dann, wenn die Keimlinge einige cm weit das Scheidenblatt durchstossen hatten. Das Eindringen der angeblasenen Conidien in die Keimlinge war durch Beobachtung leicht festzustellen, da die eindringenden Keimschläuche ein auffällig grosses Loch an der Verbindungsstelle zweier Epidermiszellen zurücklassen.[2]) Auch das weitere Vordringen der durch die Epidermis eingewachsenen Keimschläuche in das Innere der Gewebe war unschwer zu verfolgen.

Mit den bei der Hirse und auf die gleiche Weise bei den nachfolgenden Versuchspflanzen gewonnenen Resultaten ist der unumstössliche Beweis geliefert, dass die in künstlichen Substraten erzogenen Infectionskeime im höchsten Grade befähigt sind, die Infection der Nährpflanzen zu bewirken.

Bei dem zweiten Versuchsobjekte, dem Hafer, wurde neben der direkten Infection der Keimlinge durch Anblasen von Conidien die zweite Form der Infection dahin eingeleitet, dass in humusreicher, guter Composterde und ebenso in gedüngter Erde die Conidien des Haferbrandes reichlich eingeführt wurden

---

[1]) Man vergleiche die Ausführungen im XI. Teile dieses Werkes.

[2]) Siehe die Zeichnungen auf den Tafeln des XI. Heftes.

und eine längere Zeit sich selbst überlassen blieben. Mit dieser so inficirten Erde wurde dann das junge Saatgut, die Haferkörner, überdeckt, und die Kulturen an einem nicht zu warmem Orte sich selbst überlassen. Die austreibenden Haferkörner mussten so die inficirte Erdschicht durchwachsen und erfuhren, wie dies die Versuche ergaben, eine Infection von 30 bis 40 pCt. an später geernteten brandigen Pflanzen. Mit diesen Versuchen ist erwiesen, dass die im Boden und namentlich im gedüngten Boden lebenden und sich weiter entwickelnden Infectionskeime die Nährpflanzen befallen und die Brandkrankheiten erzeugen können, wie wir sie in den Haferfeldern in der Natur antreffen.

Bei beiden Versuchspflanzen, der Mohrenhirse und dem Hafer, sind die jungen Keime für die Infektion durch die Brandpilze empfänglich. Bei der dritten Versuchspflanze, dem Mais mit dem Beulenbrande, ergaben die Infectionsversuche am jungen Saatgute keine Resultate; es wurde nur hier und da einmal eine junge Maispflanze brandig und ging durch eine auftretende Brandbeule zu Grunde. Alle übrigen inficirten Pflanzen blieben völlig gesund. Sie entwickelten sich zu grossen blühenden Maispflanzen ohne eine Spur von Krankheitserscheinungen. Namentlich traten bei den entwickelten Pflanzen in den weiblichen Blüthenkolben niemals Branderscheinungen auf. Die so allgemein verbreiteten und auffälligen Erscheinungen des Beulenbrandes am Mais können demnach nicht durch eine Infection an den Keimlingen des jungen Saatgutes hervorgerufen sein, wie es bei Hafer und Hirse erwiesen wurde. Die Stellen, an welchen die Infection erfolgt, müssen hier an der entwickelten Pflanze gegeben sein, und sie konnten bei dem in unbegrenzter Fülle herzustellenden und leicht verwendbaren Infectionsmaterial, den Conidien des Maisbrandes, unschwer aufgefunden werden. Es erwiesen sich alle Stellen der entwickelten Pflanze als infektionsfähig, an welchen die jungen Gewebe für die Neuanlagen der Pflanze genügend frei nach aussen treten. Die Infectionen konnten durch Einspritzen von Hefenconidien in die Vegetationsspitze der jungen Pflanze sowohl an den jungen Blättern, an den jungen Achsentheilen und an den jungen männlichen Blüthenanlagen in Formen erreicht werden, wie sie in der Natur kaum jemals beobachtet worden sind. Unabhängig von diesen Stellen erwiesen sich die jungen Anlagen der adventiven Wurzeln und namentlich die zuletzt auftretenden jungen weiblichen Blüthenkolben als besonders infectionsfähig. Die adventiven Wurzeln wurden in dicke Brandbeulen umgewandelt, ebenso entwickelten sich die einzelnen Fruchtknoten des weiblichen Kolbens zu riesigen

Brandbeulen, welche unter Umständen den ganzen befallenen Kolben bis zur Grösse eines Kindkopfes anschwellen lassen.[1]) Es zeigte sich bei weiteren Infectionsversuchen, dass immer nur die allerjüngsten Gewebe den Infektionskeimen zugänglich sind, dass aber der Parasit streng lokalisirt bleibt auf die Stelle, an welcher er in die Gewebe eingedrungen ist. Schon nach der Frist von 14 Tagen tritt an dieser Stelle in der vorausgegangenen Gewebewucherung die Bildung von Brandsporen ein. Dieselben Stellen in schon etwas fortgeschrittenem Zustande mit schon erhärteten Geweben sind dem Wirken des Pilzes nicht mehr zugänglich; er dringt wohl ein, erzeugt aber weder Gewebewucherungen noch Brandbeulen. Die Empfänglichkeit bei dem Mais für die Infectionskeime ist in allen von aussen zugänglichen, genug jungen Gewebeanlagen gegeben.

Bei der grossen Maispflanze liegt demnach die Sache ganz anders wie bei dem Hafer und bei der Hirse. Diese bietet in den verschiedenen Lebensstadien in ihren von aussen zugänglichen Vegetationsspitzen mit ihren jungen Blattanlagen, den jungen Achsen in den nachträglich angelegten adventiven Wurzeln, den weiblichen Blüthenkolben etc. den Pilzkeimen junge Gewebe dar, welche beim Hafer und der Hirse nach aussen abgeschlossen und den Infectionskeimen unzugänglich sind. Hierin liegt es, dass die junge Maispflanze nicht an dem jungen Saatgut, sondern an der entwickelten Pflanze von den Infectionskeimen befallen wird. Der eingedrungene Parasit bleibt hier streng lokalisirt auf die eingedrungenen Stellen und jede der Infection zugängliche Stelle in den jungen Blättern, Blüthen, Achsen und Wurzeln muss für sich inficirt werden, wenn eine Brandbeule entstehen soll, die immer schon nach längstens drei Wochen zur Erscheinung kommt.

Die Aetiologie des Beulenbrandes ist demnach grundverschieden von den beiden früheren Fällen und nicht minder abweichend ist auch die Art, wie in der Natur die Infection erfolgt. Die Brandsporen, die in Wasser nicht auskeimen, erzeugen in saprophytischen Substraten, in humusreichen und gedüngten Böden ganz ähnlich wie in den durchsichtigen Nährlösungen Hefenconidien. Diese Hefenconidien gehen sehr bald in ihren Sprossungen in Luftconidien über und die Luftconidien[2]) sind es, welche leicht vertreibbar durch die Luft,

---

[1]) Man vergleiche die Abbildungen auf den Tafeln III—V des XI. Bandes.
[2]) Siehe die Figuren 1—9 auf Tafel II des XI. Bandes.

ohne jede Schwierigkeit zu den empfänglichen Stellen der Nährpflanze gelangen, an welchen wir die Branderscheinungen beobachten. Wiederum sind es hier die bei saprophytischer Ernährung erzeugten Conidien und zwar speciell die Luftconidien, welche die Infection in der Natur ausführen. Sämmtliche Maispflanzen, welche zu den Infectionsversuchen herangezogen waren, wurden ausnahmslos brandig, wenn die Infection nur richtig ausgeführt war.

Mit diesen Resultaten erreichten die Versuche, soweit sie in dem 12. Bande dieses Werkes mitgetheilt sind, zunächst ihr Ende. Es wurden in den weiteren Jahren einmal zur Erhaltung des Brandmaterials, dann auch für die Zwecke des Unterrichts die Infectionsversuche alljährlich wiederholt und hierbei eine Anzahl nebenläufiger Resultate gewonnen.

Die bei dem Maisbrande gemachten Erfahrungen, dass die Empfänglichkeit der Nährpflanze nicht, wie man das bisher annahm, auf die eine Stelle des jungen Keimlings beschränkt bleibt, sondern schon hier an den verschiedensten Stellen der entwickelten Pflanze wiederkehrt, und dass namentlich die jungen Blüthen der weiblichen Kolben für sich für die Infectionen von aussen zugänglich sind, führten von selbst auf den naheliegenden Gedanken, ob dieser Fall von Blütheninfection, wie er beim Maisbrande nun erwiesen ist, bei diesem allein bestände. Es sind offenbar die jungen Gewebe der weiblichen Blüthen, der Fruchtknoten, welche hier beim Mais direct befallen werden können, und bei unbefangener, vergleichender Beurtheilung steht nichts der Annahme entgegen, dass nicht auch bei den übrigen, von Brandpilzen bewohnten Nährpflanzen die Fruchtknoten mit Griffel und Narbe der Infection zugänglich sein sollten. Sie bestehen ja auch aus jungen Geweben, welche von den Infectionskeimen frei in der Luft befallen werden können, wie die Fruchtknoten der weiblichen Blüthenkolben beim Mais. Sie sind, wenn nicht etwa Kleistogamie in den Blüthen vorliegt, von aussen den Infectionskeimen zugänglich, soweit dieselben durch die Luft vertrieben werden. Es ist hier ohne Zweifel eine zweite Infectionstelle gegeben, die bis dahin ganz unbeachtet geblieben ist und es bleiben musste, so lange man die Aetiologie des Beulenbrandes beim Mais noch nicht kannte. Aus diesem Grunde war es möglich, dass die bisherige Auffassung, nach welcher die jungen Keimlinge des Saatgutes allein von den Brandkeimen inficirt werden könnten, und dass darüber hinaus die entwickelten Pflanzen gegen die Infectionskeime immun seien, eine fast dogmatische Gültigkeit erreichen konnte. Es trifft dies auch ohne Zweifel zu, soweit es sich um den vegetativen

Theil der Pflanze handelt; es trifft aber nicht mehr zu, wenn die Blüthenanlagen in die Erscheinung treten und nun die jungen Fruchtknoten mit Griffel und Narbe nach aussen zugänglich werden. Es wäre geradezu wunderbar, wenn beim Mais allein die jungen Fruchtknoten zugänglich sein sollten und bei allen anderen Pflanzen die weiblichen Blüthentheile nicht inficirbar wären.

Diese Erwägung gab mir schon früh die Veranlassung, Blütheninfectionen bei unseren Getreideformen vorzunehmen, welche aber resultatlos blieben, da die äusseren Umstände für diese Infectionen so ungünstig wie nur möglich lagen. Die auf Getreidefeldern im Freien inficirten Pflanzen wurden durch Vögel geschädigt oder früher abgeschnitten, ehe man das Saatgut geerntet hatte. Es war nur möglich das Eindringen der Infectionskeime in die jungen Fruchtknoten zu beobachten. Darüber hinaus frustirten die Versuche. Es wurden aber an den inficirten Blüthen, soweit die Beobachtungen reichten, in demselben Herbst Branderscheinungen nicht beobachtet. Ich liess damals, durch andere Untersuchungen in Anspruch genommen, die Versuche fallen, um sie später an einer anderen Stelle mit besseren Hülfsmitteln wieder aufzunehmen. Dies geschah erst nach meiner Uebersiedelung nach Breslau. Nach einer Reihe vorläufiger Versuche wurde es klar, dass ohne die Theilnahme eines bewährten und erfahrenen Mitarbeiters und ohne die Hülfsmittel eines Versuchsfeldes die Durchführung der Untersuchungen nach dieser Richtung zu erspriesslichen Resultaten nicht wohl führen konnte.

Den lang gewünschten Mitarbeiter fand ich in meinem Schüler und Assistenten Dr. Richard Falck und das Cultusministerium bewilligte auf meinen Antrag bereitwillig die Hülfsmittel, welche zur Durchführung der Blütheninfectionen im Grossen als nothwendig sich erwiesen. So begannen vor mehr als 4 Jahren die neuen Untersuchungen über die Blütheninfectionen, wie sie bei den Brandpilzen zu vermuthen stand, und die nachfolgenden Resultate sind das Ergebniss der gemeinsamen Arbeit mit meinem jungen Freunde Dr. Richard Falck.

Die Blütheninfection bei den Brandpilzen.

Für unsere Versuche zur Feststellung der Blütheninfection bei den Nährpflanzen der Brandpilze kamen zunächst und vorzugsweise die Formen unter diesen in Betracht, deren Sporen pulverig sind, und deren Brandlager leicht durch den Wind verstäubt und verbreitet werden können. Es sind dies in erster Linie die verschiedenen Formen des Flugbrandes, welche bei unseren Getreideformen auftreten: der Flugbrand der Gerste, des Weizens und des Hafers. Schon der charakteristisch gewählte Name „Flugbrand“ weist auf die Vertreibung der Sporen durch den Wind in der freien Natur hin.

Es sind aber nicht die Flugbrandsporen allein, welche für die Blütheninfection in Betracht kommen können. Wir sahen schon beim Maisbrande, dass die Sporen der Brandlager selbst nicht verstäubt werden, dass aber bei der Auskeimung der Sporen auf saprophytischen Substraten des Erdreiches Luftconidien gebildet werden, welche an Stelle der Brandsporen die Verstäubung der Infectionskeime übernehmen. Und dass diese Luftconidien mindestens ebenso wirksam für die Infectionen der Nährpflanzen sind, dafür haben die Resultate bei den Infectionsversuchen mit dem Maisbrande die überzeugendsten Beweise geliefert.

Abgesehen vom Maisbrande gibt es noch andere Formen von Brandpilzen, welche ebenfalls verstäubbare Luftconidien bilden, für welche die Möglichkeit in Betracht gezogen werden muss, ob diese nicht auch die blühenden Pflanzen durch die Luft erreichen können. Es sind dies z. B. Ustilago destruens[1]) und namentlich der Stinkbrand des Weizens, die Formen von Tilletia. In allen den

[1]) Siehe Fig. 9—12 der Tafel VI im V. Bande dieses Werkes.
[2]) Siehe die Abbildungen auf Tafel XII u. XIII des V. Bandes dieses Werkes.

genannten Fällen handelt es sich um windblüthige Pflanzen und gleichzeitig um windblüthige Formen von Brandpilzen.

Es treten aber auch bei insectenblüthigen Nährpflanzen Brandpilze in den Blüthen auf, welche Brandsporen bilden, die nicht gleich dem Flugbrande verstäuben. Ein besonders auffälliger Fall dieser Art liegt in dem Antherenbrande bei den insectenblüthigen Pflanzen vor. Es sind an den Nährpflanzen die Antheren der Blüthe allein, welche in Brandlager umgewandelt werden, und die Sporen aus diesen Antheren haben nicht die pulverige Beschaffenheit des Flugbrandes. Die Brandsporen verstäuben nicht oder nur sehr wenig in die Luft; sie sind in den Antheren festgehalten und werden aus diesen erst mit Hülfe von Insecten vertrieben, welche die Blüthen besuchen. Keinem aufmerksamen Beobachter kann es entgehen, dass sich der Antherenbrand bei weissen oder hellen Blüthen, z. B. Melandrium album und Saponaria officinalis, durch eine eigenartige Beschmutzung der hellen Blüthenkrone mit den violetten Brandsporen verräth. Hierin sind die äusserlichen Anzeichen dafür gegeben, dass es Insecten sind, welche bei den Blüthenbesuchen den Antherenbrand ebenso wie den Pollen vertreiben. Wie sie diesen übertragen, ebenso übertragen sie auch Sporen des Brandes auf die Narben der Blüthen, wo die Bedingungen für ihre Keimung und weitere Entwicklung in dem Narbensekrete von selbst gegeben sind.

Wir wollen nun die Formen des Flugbrandes in den Vordergrund stellen, weil die Untersuchungen hier am weitesten vorgeschritten sind, und die gewonnenen Resultate ebenso schlagende wie überzeugende sind.

Man unterschied früher nur eine Form von Flugbrand, den man Ustilago carbo nannte, und der als Nährpflanzen den Hafer, den Weizen und die Gerste bewohnen sollte. In der Mitte der achtziger Jahre wurde dann durch Sporenkultur festgestellt, dass der Flugbrand bei dem Hafer[1]) eine ganz andere Form ist, als wie er bei dem Weizen und bei der Gerste[2]) vorliegt. Der Flugbrand beim Hafer bildet ganz vorzugsweise bei der Auskeimung in Nährlösungen Hemibasidien mit Conidien, welche ihre Sprossung in unendlicher Fülle fortsetzen, soweit die Nährstoffe der Substrate ausreichend sind. Nach Erschöpfung der Nährlösungen wachsen die zerfallenen Hefenconidien zu kräftigen und langen

[1]) Vergl. den Text und die Abbildungen im V. (Tafel II und III) und XII. Bande (Fig. 25—28 auf Tafel VII.)

[2]) Vergl. die Fig. 29—32 auf Tafel VII des XII. Bandes.

Keimschläuchen aus, wie sie bei Conidien aus den Sporenkeimungen im Wasser niemals gesehen werden können.[1]) Der Flugbrand des Weizens und ebenso der Flugbrand der Gerste keimt mit Hemibasidien aus, bei welchen schon die ersten Conidienanlagen angewachsen bleiben und zu langen Keimschläuchen auswachsen, aber niemals freie Conidien auftreten. Eine Vermehrung des Pilzes durch die Sprossung der Conidien, wie sie bei dem Haferbrande in unendlicher Fülle eintritt, ist hier niemals zu beobachten, es zeigen sich immer nur die Fäden, welche aus den Hemibasidien direkt austreiben, und die sich in Nährlösungen schwach verzweigen und zu einer relativen Länge ausbilden können.[1]) Der Unterschied dieser Brandform gegenüber dem Haferbrande ist ein so durchschlagender, dass nach meinen Beobachtungen der Flugbrand beim Weizen und bei der Gerste als eine besondere Spezies angesehen werden musste. Die Sporen beim Flugbrande des Weizens und der Gerste sind ununterscheidbar, und auch in der Keimung der Sporen zeigt sich keinerlei Verschiedenheit. Es bleibt die Frage eine offene, ob der Pilz bei der Gerste noch eine andere Form ist, wie die bei dem Weizen. Der thatsächlichen Entscheidung vorgreifend hat Rostrup den Flugbrand des Weizens als Ustilago tritici bezeichnet gegenüber dem Gerstenbrande, dem Brefeld den Namen Ustilago hordei gegeben hatte.

Für die natürliche Bestäubung resp. Infection der Blüthen durch die Brandsporen ist es unerlässlich nothwendig, dass die Brandlager beim Hafer, beim Weizen und bei der Gerste gleichzeitig mit dem Aufblühen des Getreides in die Erscheinung treten. Dies trifft in geradezu auffälliger Weise zu. Man kann sogar beobachten, dass die Brandlager der befallenen Pflanzen den aufblühenden Getreidepflanzen etwas vorangehen, aber jedenfalls zu der Zeit in vollster Entwicklung verstäubbar vorhanden sind, in der die Blüthen entwickelt und aufgeblüht sind. Schon diese eigenartige Coincidenz der Blüthezeit der Getreideformen und der Reife der Brandlager an den befallenen Pflanzen mussten zu denken geben, ob hier nicht eine Bestäubung resp. Infection der Blüthe durch die Brandsporen stattfinden möchte. — Und die Bezeichnung »Flugbrand« für diese windblüthigen Brandlager ist schon so bezeichnend, dass man unwillkürlich darauf hingewiesen wird, diese keimfähigen Brandsporen mit einer Infection der Blüthen in einen natürlichen Zusammenhang zu bringen.

---

[1]) l. c. Text u. Abbild. des V. Bandes.

Methoden der Blütheninfection.

Zur Ausführung der Infectionsversuche war es nun nothwendig, diejenige Methode ausfindig zu machen, die der natürlichen Bestäubung am nächsten kommt, also die Erscheinungen in der Natur so nachzuahmen, dass die leicht verstäubbaren Brandsporen aus den Brandlagern in die Blüthen der Getreideformen mit möglichster Sicherheit hineingelangen, ohne aber Störungen zu verursachen. Dabei ist ganz besonders zu beachten, dass der Zeitpunkt genau abgepasst wird, in welchem die Blüthen des zu inficirenden Getreides am weitesten geöffnet sind und so für das Einblasen der Brandsporen die günstigsten Vorbedingungen erfüllt sind. Die Blütheninfectionen konnten natürlich nur bei trockenem, am besten sonnigem Wetter ausgeführt werden, wenn die Nährpflanzen trocken uud die Sporen des Flugbrandes leicht verstäubbar sind. Nach verschiedenartig angestellten Vorversuchen wurde ein Ballon von starkem Gummi und von geeigneter Grösse zum Einblasen verwendet. In diesen wurden die brandigen Blüthenstände hineingebracht und die Oeffnung mit einem Einsatz verschlossen, der in ein Rohr mit zutreffender Oeffnung auslief. Vorausgegangene Proben erwiesen, dass die Brandsporen in dieser Art aus dem Ballon in ausreichender Menge in feinster Vertheilung und mit verhältnissmässiger Energie vertrieben werden konnten. Die zu inficirenden Aehren oder Rispen wurden nun in einen Cylinder, dessen untere Mündung mit einem Wattestopfen lose verschlossen wurde, eingeführt, und die Sporen von oben her wirksam eingeblasen. Nach kurzer Pause, während welcher das Absetzen der Sporen erfolgen konnte, wurden die Aehren wieder aus dem Cylinder befreit. Nachträgliche Proben aus den so inficirten Aehren ergaben, dass bei dieser Art der Infection die Brandsporen thatsächlich in die Blüthen eingeführt waren, soweit der jeweilige Zustand der einzelnen Blüthen das Eindringen gestattete. Natürlich ist die Zahl der Blüthen einer Aehre, die zur gleichen Zeit geöffnet sind und das Eindringen ermöglichen, nur eine je nach den Umständen mehr oder weniger beschränkte. Die Blüthen einer Aehre blühen nicht gleichzeitig auf; gewöhnlich sind sie in der Mitte der Aehre am weitesten vorgeschritten, während die an der Basis und an der Spitze befindlichen Blüthen erst später im Aufblühen sich anschliessen. Hieraus erklärt es sich, dass bei einer einmaligen Infection durch Einblasen der Sporen immer nur ein entsprechender Theil der Blüthen einer Aehre wirksam inficirt werden kann. Dementsprechend ist eine Infection, welche über einen

gewissen Procentsatz hinausgeht, hier von vorne herein nicht zu erwarten. Es hatte keinen Vortheil, die Infectionen mit den einzelnen Aehren mehrmals zu wiederholen, da immerhin Störungen in der normalen Entwicklung der Blüthen durch das Verfahren unvermeidlich herbeigeführt werden können.

In der Natur sind für die Bestäubung die Verhältnisse unverhältnissmässig glücklichere. Die brandigen Pflanzen, welche im Getreidefelde stehen, verstäuben ihre Brandsporen bei genügender Luftbewegung nicht einmal, sondern stetig in der ganzen Zeit, in welcher die Blüthen der umgebenden Aehren nacheinander aufblühen. Hiernach muss sich die Wahrscheinlichkeit der Infection der benachbarten gesunden Pflanzen um ein erhebliches steigern im Vergleich zu der beschriebenen Bestäubung in Cylindern. Zu den Störungen, welche in der Natur bei den Infectionen eintreten können, gehört nun vorzugsweise der Regen, also nasses Wetter, welches den Flugbrand seiner natürlichen Bestimmuug entzieht und die Brandsporen auf das Erdreich abführt, wo sie für die Blütheninfection verloren sind. Ebenso kann aber auch zu trockenes und zu warmes Wetter, welches die Entwicklung und Reifung der Fruchtkörner zu sehr beschleunigt, für die Infection ungünstig sein. Die Sporenkeimung hat zudem immer eine ausreichende Feuchtigkeit zur Voraussetzung.

Für diese Art der Infection, welche in Glascylindern von erprobter Weite mit Hilfe des beschriebenen Verstäubungsapparates ausgeführt wurde, soll in der Folge der Kürze halber die Bezeichnung „Cylinderinfection“ eingesetzt werden.

Eine zweite Art der Infection, welche sich mit der erst angeführten, möglichst natürlichen ergänzt, ist die Infection durch künstliche Einführung von Brandsporen in die einzelnen Blüthen, die sich eben zum Blühen geöffnet haben, oder zum Blühen anschicken. Diese Art der Infection durch künstliche Einführung von Brandsporen in die einzelnen Blüthen bedeutet natürlich einen mehr oder weniger gewaltsamen Eingriff in diese. Die Brandsporen wurden am zweckmässigsten mit Hilfe eines feinen Pinsels in das Innere der Blüthen auf Narbe und Fruchtknoten übertragen. Zur Ausführung dieser Infection sind möglichst geschickte Hände erforderlich, welche die Blüthe auch bei etwas weiterem Oeffnen nicht schädigen und die Brandsporen mit Hilfe des Pinsels leicht und sicher in das Innere der Blüthe auf Narben und Fruchtknoten übertragen. Wir haben hier mit Vortheil geschickte Damenhände verwendet, welche nach einiger Vorübung die Manipulation der Infection mit relativer Zartheit und

Sicherheit ausführten. Die Infection ist hier, da sie in den einzelnen Blüthen ausgeführt wird, eine sicherere als bei den Cylinderinfectionen und die Resultate können noch weiter dadurch gesichert werden, dass alle nichtinficirten Blüthen einer Aehre abgeschnitten und entfernt werden. Geschieht dies mit grösster Sorgfalt und mit Geschick, so ist anzunehmen, dass jede Blüthe inficirt sein muss, und das jeder Fruchtknoten von den Infectionskeimen befallen wird. Es kommen aber auch hier eine Reihe von Fehlerquellen mit zur Geltung, die ebenso natürliche wie naheliegende sind. Werden einzelne Blüthen bei der Infection überschlagen, so ist damit eine für den spätern Procentsatz an brandigen Pflanzen ziemlich beträchtliche Fehlerquelle gegeben, da immer nur eine beschränkte Anzahl von Blüthen einer Aehre gleichzeitig inficirbar sind; werden nicht alle Blüthen, die nicht inficirt sind, entfernt, so ist die zweite Fehlerquelle hierin gegeben. Natürlich kommen auch bei dieser Infectionsform die secundären Momente als Störungen in Betracht, die schon bei der Cylinderinfection angeführt wurden.

Es geht aus diesen Darlegungen von selbst hervor, dass auch bei der Infection der Einzelblüthen das Resultat nur in glücklichen Fällen ein vollständiges sein kann, und dass bei allen den Versuchen, wo Fehlerquellen sich eingeschlichen haben, ein entsprechender Ausfall sich zeigen muss. Jedenfalls sind die Infectionen der einzelnen Blüthen unverhältnissmässig sicherer und ausgiebiger als die der Cylinderinfectionen, wenn sie auch gegen diese zurückstehen in der Art der künstlichen Einführung der Sporen, welche hier für die Infection eingesetzt ist.

Für bas Gelingen der Blüthen- und Cylinderinfectionen ist noch ein weiterer Umstand von besonderem Werthe. Dieser ist in der Frische des Infectionsmaterials gegeben, welches in jedem Falle unmittelbar von den Feldern entnommen und für die Infection der Pflanzen möglichst desselben Feldes verwendet werden muss.

Es ist wohl zweifellos, dass die Methoden der Infectionen, welche hier angewendet sind, noch weitere und feinere Verbesserungen erfahren können. Die nachfolgend mitgetheilten Erfolge beweisen aber, dass sie zuverlässig sind und einen relativ hohen Grad von Wirksamkeit bereits garantiren.

Neben den Infectionen in den Blüthen müssen nun aber auch Infectionen an dem jungen Saatgut auf demselben Versuchsfelde eingeleitet werden. Wie man früher irrthümlich meinte, dass die Infection nur an den jungen Keimlingen des Saatgutes erfolgen könne, so würde es auch jetzt eine

irrthümliche Auffassung sein, wenn wir hätten annehmen wollen, dass bei unseren Versuchspflanzen die Blütheninfection die alleinig wirksame sei. Es sind eben die beiden Möglichkeiten der Infection im Auge zu behalten: einmal die Infection an jungen Keimlingen, das zweite Mal in der Blüthe, und es ist sehr wohl möglich, dass bei denselben Pflanzen beide Infectionsformen nebeneinander bestehen können. Es fragt sich dann, welche von den beiden im speciellen Falle die wirksamere ist. Daneben ist der dritte Fall möglich, dass nur eine von den beiden Infectionsformen allein besteht, entweder die an den Keimlingen oder die an der Blüthe. Die zur Ergänzung und zum Vergleiche eingeleiteten Infectionsversuche an den jungen Keimlingen können nicht in derselben Jahreszeit im Sommer gemacht werden, wie die Blütheninfectionen und für sie treffen die gleich günstigen Umstände in der Keimfähigkeit des frischen Brandmaterials nicht mehr zu. Es wird nothwendig, diese Versuche im Frühjahr zu machen mit den Brandsporen, welche im vorausgegangenen Sommer auf den Feldern geerntet worden sind, und weiter mit den Getreidekörnern, welche den gleichen, aber brandfreien Feldern entnommen sind.

Die Einsammlung dieses Sporenmaterials, welches bis zum nächsten Frühjahr frisch und unbeschädigt bleiben muss, ist keine leichte. Die Brandlager werden unvermeidlich bis zur Sporenreife durch die Luft verunreinigt, sie werden von zufällig eintretendem Regen nachtheilig beeinflusst und namentlich kommen Insecten hinzu, welche in die Brandlager einkriechen, die Sporen fressen und womöglich dort ihre Eier ablegen. Ein Brandmaterial, welches ohne besondere Vorsicht aus den befallenen Blüthenständen des Getreides eingesammelt wird, ist im nächsten Frühjahr durch Wurmfrass mit Sicherheit geschädigt, oft sogar unbrauchbar gemacht. Es bedarf ganz besonderer Vorsichtsmassregeln und ganz eigenartiger methodischer Hilfsmittel, um das Brandmaterial im Sommer in ausreichender Menge rein zu gewinnen, so dass es gegen alle schädigenden Einflüsse gesichert ist. Aus den langen Versuchsreihen hat sich folgende Methode zur Gewinnung reinen Brandmaterials für die Infection im Frühjahr am besten bewährt: Es wird das Sporenmaterial bald nach dem Aufbrechen der Brandlager, ehe noch schädigende Einflüsse sich geltend gemacht haben, in genügender Menge eingesammelt und acht Tage an einem trockenen Orte aufbewahrt. Dann werden die Brandsporen durch ein feines Messingsieb, welches nur die Sporen durchlässt, auf weisses Papier vorsichtig abgesiebt und die auf dem Siebe bleibenden Rückstände beseitigt. Die Erfahrung hat ergeben, dass das so aus-

gesiebte Brandmaterial in pulveriger, trockner Form bis zum nächsten Frühjahr so gut wie möglich erhalten bleibt, und dass namentlich kein Insectenfrass in den Brandsporen eintritt. Die gesiebten Sporen werden vorsichtiger Weise in eine grössere Anzahl von kleinen Kolben mit flachem Boden gebracht, welche nicht mehr wie zum vierten bis fünften Theile von den Sporen angefüllt sind. Der weite Hals wird mit sterilisirtem festen Papier vorsichtig verschlossen und die Sporen werden an einem kühlen trockenen Ort während der Dauer des Winters aufgehoben. Die Einfüllung der Sporen in viele kleine Kolben bietet den Vortheil, dass, wenn in dem einen Kölbchen ein schädlicher Einfluss sich zeigt, die übrigen Sporen geschützt bleiben. Thatsächlich hat sich in dieser Form das zur Infection von Samenkeimlingen zu verwendende Material in jedem Falle geschützt erwiesen, so dass es in dem möglichsten Zustande der Frische verwendet werden konnte. Kurz vor der Verwendung der Sporen im Frühjahr wurden diese in reines Wasser gebracht und auf der Centrifuge 5 bis 6 mal abgeschlemmt. Die schnell sich absetzenden Sporen erwiesen sich schliesslich als nahezu vollkommen rein, und es liessen sich mit diesen Sporen Kulturen in Nährlösung herstellen, die während der Dauer der Kultur Verunreinigungen kaum zeigten. Die Behandlung der Sporen in dieser Form hat noch den Vortheil, dass sie durch den eintägigen Aufenthalt im Wasser, wie er zur Reinigung der Sporen nothwendig ist, zur Keimung so günstig wie möglich vorbereitet werden, und dass die Sporen, wenn sie dann in verdünnter Nährlösung auf die inzwischen vorbereiteten Samenkeimlinge aufgeblasen werden, ohne Zeitverlust in den angeblasenen Tröpfchen keimen und direct eindringen können. Es ist nicht so vortheilhaft, für diese Art der Infection an den Keimlingen die Conidien zu verwenden, welche in der Sporenkeimung auftreten und sich in unendlicher Sprossung in der Nährlösung vermehren. Es ist müheloser und im Erfolg noch sicherer die Infection statt mit den Conidien mit den Brandsporen selbst auszuführen, wenn sie für ihre unmittelbare Keimung in der angedeuteten Weise vorbereitet sind. Die Anwendung der Brandsporen zu der Infection wird sogar zur Nothwendigkeit, wenn bei der Sporenkeimung gar keine Conidien auftreten. Man ist dann, wie es bei den Brandsporen der Gerste und des Weizens zutrifft, auf die Verwendung der Sporen allein angewiesen.

Dasselbe Sporenmaterial, welches zum Ansprühen der Keimlinge Verwendung fand, wurde nun in einem weiteren zweiten Falle verwendet, um die beste Composterde reichlich zu inficiren. Diese Erde wurde in einem

dritten Falle mit Pferdedünger versetzt. Die Sporen wurden mit einem Pulverisator reichlich angeblasen und eingemischt und dann die so inficirte Erde zur Ueberdeckung der ausgelegten Getreidekörner verwendet. Unabhängig von diesen drei Fällen wurden in einem vierten Falle die Getreidekörner in trocknem Zustande mit trocknen Brandsporen angeschüttelt und dann im Erdreiche ausgelegt.

Die Blütheninfection beim Weizen.

Wir können uns jetzt den Versuchen und ihren Ergebnissen im Engeren zuwenden, welche wir in den letzten 4 Jahren mit den Formen des Flugbrandes zunächt angestellt haben. Wir beginnen mit den Versuchen der Infection bei dem Weizen und seinem zugehörigen Flugbrande, den Rostrup Ustilago tritici genannt hat. Für die Blütheninfection ist der Weizen eine gut geeignete Versuchspflanze. Die Blüthen des Weizens öffnen sich bei den einzelnen Formen natürlich verschieden weit, so dass aber zumeist die Staubfäden frei nach aussen treten, und die zwischen den Spelzen gebildeten Oeffnungen und Ritzen weit genug sind, um die Infection durch die Sporen zuzulassen. Für die Infection der Einzelblüthe bedarf es nur einer geringen Nachhilfe, um die Brandsporen mit dem Pinsel einführen zu können. Es wurde stets darauf Bedacht genommen, dass eine grössere Anzahl von Sporen in die Blüthen eingeführt wurde, um hierdurch die Infectionen zu sichern. Die Narben treten nicht frei genug nach aussen, um die Infection auf sie allein beschränken zu können. Da es sich aber auch im Fruchtknoten selbst um junge Gewebe handelt, welche an sich den Infectionskeimen zugänglich sind, so ist es nicht von zu grosser Bedeutung, wenn hier die Möglichkeit eingeengt ist, die Infectionen an den Narben und an den Fruchtknoten getrennt auszuführen. Nach stattgehabter Infection wurden die einzelnen Aehren, an welchen die Blüthen inficirt und von den nichtinficirten Blüthenanlagen befreit waren, mit lichtbeständig gefärbten Fäden besonders umbunden, um sie kenntlich zu erhalten und sie später im Herbst im Reifezustand mit Sicherheit einernten zu können. Ueber die einzelnen Infectionsformen wurde Buch geführt, in welchem zugleich die Nebenumstände, Wetter und Lufttemperatur eingetragen wurden. Am 3. oder 4. Tage nach der Infection wurden einzelne der inficirten Blüthen untersucht und festgestellt, wie sich die eingeführten Brandsporen verhalten. Es konnte mit Sicherheit beobachtet werden,

dass besonders auf der federförmigen Narbe fast alle Sporen in dem Narbensecret ausgekeimt waren, und dass von den Sporenkeimlingen lange Fäden ausgingen, die sich den Narbengeweben angelegt hatten und sich in diesen verloren. Eine weitere Beobachtung, um das Vordringen der Keimschläuche durch die Narbe auf noch weitere Strecken zu verfolgen, stiess insofern auf Schwierigkeiten, als die sichere Unterscheidung der feinen Pilzfäden nach unten allmählich abnahm und somit das Einwachsen der Schläuche durch die Narbe in den jungen Fruchtknoten nicht sicher gesehen werden konnte. Es liegt aber kein Grund vor, der gegen die Annahme spräche, dass die auf der Narbe üppig auskeimenden und in ihren Schläuchen nach unten fortwachsenden Infectionskeime nicht auch weiter vordringen und gleich den Pollenschläuchen in den Fruchtknoten hineingelangen sollten. Das Gleiche kann von den Sporen gelten, welche an dem jungen Fruchtknoten direct keimen und in das junge Gewebe desselben eindringen. Weitere als die oben angegebenen Einzelheiten sind mikroskopisch durch Beobachtungen nicht zu ermitteln. Es wurde die Reifung des jungen Getreides mit Sorgfalt überwacht, und als sie eingetreten war, die Ernte ebenso sorgfältig ausgeführt. Die geernteten Aehren wurden an einem trockenen Orte aufbewahrt und in losen Tüten zur Nachreife aufgehängt.

Aus sämmtlichen inficirten Blüthen wurden dem Ansehen nach nur gesunde Körner geerntet, an welchen in keinem einzigen Falle auch nur eine Spur einer Branderscheinung eingetreten war.

Ausser den Infectionen der einzelnen Blüthen wurden nun auch die Cylinderinfectionen beim Weizen vorgenommen. Die Aehren, an welchen die Cylinderinfectionen ausgeführt wurden, erhielten wieder ihre besondere Bezeichnung durch farbige Fäden, um sie sicher bei der Einerntung zu unterscheiden. Nach den Cylinderinfectionen wurde ebenfalls nicht unterlassen, mikroskopische Untersuchungen der Blüthen auf eingeführte Brandsporen vorzunehmen und ihre Auskeimung auf den Narben festzustellen.

Auch bei dieser Cylinderinfection zeigten sich bei den im Herbst geernteten Getreideähren niemals Branderscheinungen. Die geernteten und mit der angedeuteten Vorsicht aufbewahrten Körner hatten ein vollkommen gesundes und normales Aussehen. Es wurden diese Versuche vorzugsweise mit Sommerweizen, weniger mit Winterweizen ausgeführt, wie es bei der nachfolgenden Statistik angegeben ist.

Im folgenden Frühjahre wurden nun die von der Infection der Einzelblüthen und der Cylinderinfection geernteten und von den verschiedenen Weizensorten besonders aufgehobenen Körner zum Keimen ausgelegt. Es geschah dies mit einer Vorsicht, die jede Fehlerquelle ausschliesst. Die Körner wurden mit Kupfervitriollösung nach dem Kühnschen Verfahren [1]) gebeizt, um alle etwa an der Oberfläche befindlichen Brandsporen abzutödten. Dass dies wirklich zutraf, wurde durch besondere Versuche festgestellt, in welchen die Brandsporen nach demselben Verfahren und in der gleichen Zeitfrist mit derselben Kupferlösung behandelt und nach gründlicher Reinigung auf ihre Keimfähigkeit in Nährlösungen geprüft wurden. Nach diesem Sterilisationsprocesse der Oberfläche wurden die Körner in besonderen Keimkästen in geeigneter Entfernung von einander ausgelegt. Jeder Keimkasten fasste etwa 300 Körner. Die einzelnen Körner lagen frei auf einer Unterlage von sterilisirtem Glassand, welcher in einer Schicht von 1 bis 2 cm das unterliegende Substrat bedeckte. Die Keimkästen wurden an einem kühlen Orte verdeckt aufgestellt, die Keimung der Körner abgewartet, und erst dann, wenn die austreibenden Keime das Scheideblatt etwa 2 cm weit durchwachsen hatten, wurden die Culturen ins Freie in einen geschützten Raum gebracht, von wo sie dann erst auf die Versuchsbeete ins freie Land einzeln übertragen wurden. Es ist unmöglich, dass bei dieser Art der Behandlung von aussen ein Eindringen von Infectionskeimen in die junge Pflanze eintreten konnte. Die Pflanzen sind immun, wenn das Scheideblatt 2—3 cm weit vom Keime durchstossen ist, wie es früher für Sorghum nachgewiesen ist, [2]) und die ergrünenden Blätter aus diesem hervortreten. In diesem Zustande können sie, gegen alle äusseren Angriffe von Pilzkeimen gesichert, in das freie Land ausgepflanzt werden, wo sie nun nur noch gegen Frost und andere Unbilden der Natur zu schützen sind. Die ausgesetzten Pflanzen entwickelten sich in den einzelnen Jahren ganz normal weiter, wie die übrigen Getreidepflanzen auf den Feldern. Sie erschienen äusserlich vollständig gesund und zeigten nicht eine Spur von Krankheitserscheinungen; erst mit der beginnenden Blüthezeit des Weizens, wo die Aehrenanlagen an den Spitzen aus den umhüllenden Blätteranlagen hervortreten, ergaben sich die Resultate der ausgeführten Infectionen.

---

[1]) Nach zwölfstündiger Behandlung mit 0,5 % Kupfersulfatlösung bei 15—20° C. wurde das Saatgut gewaschen, mit frischem Kalkwasser fünf Minuten lang stehen gelassen, abermals gewaschen und dann direct ins Land ausgesät.

[2]) Man vergleiche den Text im XI. Hefte.

Diese sind in den nachfolgenden tabellarischen Uebersichten zusammengestellt, und es soll hier nur hervorgehoben werden, dass sich in den Versuchen bei den einzelnen Infectionen der Blüthen der Brandschaden bis zu 100 pCt. steigerte. Der Anblick war ein ganz phänomenaler, den diese brandigen Felder darboten, für den Beobachter ein geradezu bezauberndes Bild, weil es den Erfolg der so mühsamen Versuche und die Richtigkeit des vorausgegangenen Gedankenganges erwies. Wohl niemals sind brandige Felder gesehen worden, wie sie z. B. in dem photographischen Bilde vom Weizen Fig. 2 der Tafel I wiedergegeben sind, welches eine totale Infection der sämmtlichen Versuchspflanzen erweist. Wenn in den einzelnen Versuchen nicht alle Pflanzen brandig geworden sind, so ist das auf die früher angedeuteten Fehlerquellen zurückzuführen, welche sich bei den Versuchen unvermeidlich einstellen. Aber auch solche Felder, an welchen 50—70 pCt. brandige Pflanzen gezählt werden konnten, ergeben schon den sicheren und unangreifbaren Beweis für die Richtigkeit der Beurtheilung, dass hier bei dem Flugbrande des Weizens die Infection in den Blüthen erfolgt. Die Uebersicht über die hier ausgeführten Versuche ist am Ende dieses Abschnittes in kleinem Druck angeschlossen. Es ist hierdurch der sichere Nachweis erbracht, dass die jungen Fruchtknoten mit ihren Narben von den durch die Luft verstäubenden Infectionskeimen direct befallen werden, dass der Brand sich aber nicht in demselben Jahre entwickelt, dass vielmehr die in die jungen Fruchtanlagen eingedrungenen Infectionskeime in dem gereiften Korne latent bleiben und dass sie nach überstandener Samenruhe mit der Auskeimung des Keimlings in diesem mitwachsen, um erst in den Blüthenständen zur Erzeugung der Brandlager überzugehen.

Das Saatgut aus den Cylinderinfectionen wurde in gleicher Weise behandelt wie bei den Blütheninfectionen. Es zeigte sich ein Procentsatz an brandigen Pflanzen, der zwischen 18 bis 26 pCt. schwankte. In der Uebersicht am Ende des Abschnittes sind die Einzelheiten über die Versuchsreihen, die wir gemacht haben, in kleinem Drucke zusammengestellt.

Das Saatgut, welches bei den einzelnen Infectionsversuchen abgeerntet war, wurde nicht sogleich in der Gesammtheit für die Versuche verwendet, sondern immer ein Theil zurückgelassen, um nachträgliche Fragestellungen lösen zu können.

Von dem Saatgute, welches im Herbst eine Totalinfection der Versuchspflanzen ergab, wurden zunächst mikroskopische Untersuchungen ausgeführt, um die Anwesenheit der Pilzkeime in dem Korne nachzuweisen; der Nachweis gelang unschwer. Es konnten die Mycelfäden der Pilze an verschiedenen Stellen des Kornes, besonders unterhalb der Kleberzellen aufgefunden werden. Sie waren namentlich in der Umgebung des Scutellums vorhanden. In dem Keimling wurde die Unterscheidung der Pilzfäden deutlicher, wenn die befallenen und desinficirten Körner zur Keimung ausgelegt waren. Es traten dann in allen Theilen des eben austreibenden Embryos vom Scutellum bis zur Vegetationsspitze die Pilzfäden in den Gewebezellen deutlich hervor. Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, dass die durch die Infection in den jungen Fruchtknoten eingedrungenen Infectionskeime in rein vegetativem Zustande in diesem verbleiben und die Samenruhe mit ihm durchmachen. Sie erwachen gleichzeitig mit dem austreibenden Keimlinge zu neuem Leben, entwickeln sich mit diesem in dem gleichen Masse als er selbst zur vollen Pflanze heranwächst und bilden dann in den Anlagen der Blüthen die Brandlager von Neuem aus. Nur diejenigen Fäden des Pilzes, welche die Vegetationsspitze der Pflanze mit den Blüthenanlagen erreichen, werden an dieser Stelle fertil und bilden die Brandlager aus; die Mycelfäden an allen anderen Stellen der Pflanze bleiben steril ohne zu fructificiren. Sie werden weiterhin mit der Streckung der Pflanze weit auseinander getrennt, sind in den gestreckten Internodien schwer aufzufinden, sehr leicht aber in den Zellen der Knoten, welche oft ganz damit angefüllt sind.[1]) Nur in den Fällen, wo axilläre Sprossen an diesen Knoten angelegt werden und junge Gewebe zur Anlage kommen, gelangen sie zu neuer Entwicklung und führen zur Erkrankung der Achselsprossen[2])

Dies sind die Ergebnisse der Blütheninfection beim Weizenflugbrande, denen wir jetzt die Resultate der Infection an den Keimlingen des jungen Saatgutes gegenüber stellen müssen. Die Infection der jungen Keimlinge wurde in den 4 verschiedenen Formen versucht, wie sie früher angegeben sind. Zuerst wurden die Körner mit Brandsporen ausgeschüttelt und dann direct ins freie Land ausgesät. Hier musste die infectiöse Wirkung der an den Körnern haftenden Brandsporen zur Wirkung kommen. Im zweiten Falle wurden die

---

[1]) Vergl, Abbildung 7 auf der ersten Tafel im XI. Hefte.

[2]) Vergl. den Text im XI. Hefte. Seite 85—90.

jungen Keimlinge des Saatgutes mit den gereinigten und dann zur Keimung vorbereiteten Sporen in verdünnter Nährlösung angesprüht. Hier war die Berührung der aus den Brandsporen austreibenden Keimschläuche mit den jungen Keimlingen eine möglichst vielseitige und unmittelbare. In einem dritten Falle wurde das trockene Saatgut in inficirte Composterde und in dem vierten Falle mit Composterde bedeckt, die bis zu einem drittel ihres Volumens mit sterilisirtem frischen Pferdedünger vermengt war. In diesen beiden letzten Fällen musste sich der Einfluss der gedüngten Composterde geltend machen. Um die Wirkung dieser Infectionsformen durch die Brandsporen an den Keimlingen des Saatgutes beim Weizenflugbrand richtig zu beurtheilen, müssen wir zunächst die Keimung der Brandsporen in Wasser und in Nährlösung versuchen. Das vom vorigen Jahre den Winter hindurch vorsichtig aufbewahrte Brandmaterial zeigte sich in seiner Keimkraft abgeschwächt und keimte nur noch mit Verzögerung aus. Bei dem Sporenmaterial, welches nicht mit besonderer Vorsicht aufbewahrt ist, tritt überhaupt keine Keimung ein.[1]) Die Keimung der Brandsporen des Weizenflugbrandes ist keine fructificative.[2]) Es werden keine Conidien gebildet, sondern nur Keimschläuche, welche aus den Zellen der Hemibasidien austreiben. Eine Vermehrung der Infectionskeime tritt hier also nicht ein, auch nicht bei Anwendung von Nährlösungen. Schon durch diesen Mangel ist die Infectionskraft der Brandsporen für die jungen Keimlinge im Boden eine beschränktere wie bei anderen fructificativ auskeimenden Brandformen. Es musste sich dies namentlich in der Composterde und in dem gedüngten Erdreiche geltend machen, wo hier eine Infection nur durch die Keimschläuche der Hemibasidien bei unmittelbarer Berührung erfolgen kann. Die Aussicht, welche nach diesem Befunde der Sporenkeimung des im vorigen Sommer eingesammelten Materials für die erfolgreiche Infection der Keimlinge übrig bleibt, ist, soweit Sommerweizen in Frage kommt, von vornherein eine stark herabgeminderte und unwahrscheinliche. Es ist kaum einzusehen, wie die im Frühjahr schwach oder garnicht auskeimenden Brandsporen aus dem vorausgehenden Vegetationsjahre eine Infection der Keimlinge herbeiführen können.

Die sämmtlichen eingeleiteten Infectionsversuche beim Sommerweizen ergaben nun in der That negative Resultate. Aus allen an den jungen Keim-

[1]) Vergl. die Ergebnisse der Untersuchungen über die Keimung, die schon im XII. Hefte mitgetheilt ist.

[2]) Vergl. die Abbildungen auf der Tafel 7 des XII. Heftes.

lingen inficirten Pflanzen sind immer nur ganz gesunde, brandfreie Individuen hervorgegangen. Die Infectionen der jungen Keimlinge sind also in den möglichst variirten und zahlreichen Versuchen, wie aus der anschliessenden Uebersicht im kleinen Druck zu ersehen ist, erfolglos geblieben. Es ist nicht anzunehmen, dass in der Natur günstigere Bedingungen für die Infection bestehen können, als wie sie bei unseren Versuchen geschaffen waren und zur Anwendung kamen, und wir sind berechtigt hieraus den Schluss abzuleiten, dass die Infection an den jungen Keimlingen auch in der Natur keine oder nur eine geringe Wahrscheinlichkeit für sich hat. Wir betrachten unsere Versuche nach dieser Richtung hin noch nicht als völlig abgeschlossen. Wir werden sie in den nächsten Jahren fortsetzen und die noch möglichen Eventualitäten hierfür weiter berücksichtigen.

Es wurden die Versuche in den angegebenen Formen auch im Herbst mit dem ca. 4 Monate früher geernteten Brandmaterial an Winterweizen versucht, bei welchem die Keimkraft der Sporen wenig gelitten hatte. Es gelang hier ebenso wenig brandige Pflanzen durch die Infection zu erzielen.

Wir stehen also hier beim Flugbrande des Weizens der Thatsache gegenüber, dass die Blütheninfection den vollen, sogar totalen Erfolg hatte, und dass die Infection der Keimlinge ohne jeden Erfolg verlief. Wir müssen hieraus den Schluss ziehen, dass bei dem Flugbrande des Weizens die Blütheninfection die vorherrschende, wenn nicht gar die einzige Infectionsform dieses Brandes darstellt.

Vergleichende Uebersicht der mit Weizenflugbrand ausgeführten Infectionsversuche.

A. Infectionsversuche vom Jahre 1903.

I. Blütheninfection.

1. Auf einem blühenden Weizenfelde in Gräbschen wurden an einem heissen Tage, am 19. Juli 1902, in voller Blüthe befindliche Aehren inficirt. Der Brand wurde demselben Felde frisch entnommen und mit einem Pinsel in die einzelnen Blüthen übertragen. Noch nicht genügend entwickelte Blüthen wurden entfernt. Vom geernteten Saatgut kamen im nächsten Jahre

220 Stauden zur Entwicklung, von denen 67,7 % brandig waren.

Ein Controllfeld von demselben Weizen, der im Jahre 1902 einem brandfreien Felde entnommen war, hatte keinen Brand.

2. In der gleichen Art wurde in einem anderen Felde blühender Grannenweizen inficirt. Aus dem geernteten Saatgute wurden

80 Stauden herangezogen, die 66% Brand enthielten.

II. Cylinderinfectionen.

1. In einem blühenden Weizenfelde in Leerbeutel wurden am 1. Juni 1902 bald nach einem Gewitterregen an drei verschiedenen Stellen des Feldes Cylinderinfectionen mit dem frischen Brande desselben Feldes vorgenommen.

Aus dem gebeizten Saatgut von

Stelle 1	wurden	502	Stauden	herangezogen,	von	denen	39,1%	brandig	waren,
„ 2	„	549	„	„	„	„	37,5%	„	„ ,
„ 3	„	216	„	„	„	„	11,6%	„	„ .

Im Durchschnitt waren 29,4% der Stauden brandig.

Ein Controllfeld mit ca. 1000 Pflanzen aus dem nichtinficirten Saatgute desselben Feldes hatte unter 500 Stauden 2 brandige.

III. Infection des Saatgutes.

1. Weizen aus Münster wurde mit den Brandsporen desselben Feldes vermischt ausgesät.

Von 300 entwickelten Stauden waren keine brandig.

Die Controllparzelle aus sterilisirtem Saatgut desselben Feldes hatte 2 brandige Exemplare.

2. Weizen aus Leerbeutel mit Brandsporen aus Münster gemischt ergab
280 Stauden mit 2 brandigen Exemplaren, wie die Controllprobe.

3. Weizen aus Leerbeutel mit Brandsporen desselben Feldes gemischt ergab
250 Stauden und 3 brandige Exemplare.

In der Controllparzelle war eine brandige Staude.

4. Schlanstedter Weizen mit Brandsporen desselben Feldes gemischt ergab
310 gesunde Stauden, ebenso die Controllparzelle.

IV. Infection des Substrates.

1. Sterilisirter Pferdemist wurde mit reinen Brandsporen von dem Weizenfelde aus Münster durch Ansprühen mit dem Pulverisator versetzt und mit zwei Teilen Composterde vermischt. In dem so behandelten Boden wurde Schlanstedter Weizen ausgesät.

Unter den 250 im Kasten angezogenen und später in das freie Land übertragenen Pflanzen war keine brandig.

2. Brandsporen aus Münster wurden mit Composterde vermischt und Schlanstedter Weizen in diesem Substrate ausgesät.

Unter 250 Stauden war ebenfalls keine brandige.

3. Derselbe Versuch wie 1 und 2 wurde mit Weizen aus Leerbeutel und den Brandsporen von demselben Weizenfelde ausgeführt. Die Parzelle hatte ebenso wie die Controllparzelle 3% brandige Stauden.

B. Infectionsversuche vom Jahre 1904.

I. Blütheninfection.

1. Auf einem blühenden Weizenfelde in Gräbschen wurden einzelne Blüthen geeigneter Aehren mit dem frischen, trockenen Brande desselben Weizens an zwei verschiedenen Stellen des Feldes inficirt.

Die gebeizten Körner wurden im März 1904 auf sterilisirtem Odersand in geschlossenen Pflanzkästen zur Keimung ausgelegt und im April ins freie Land übertragen.

Die von Stelle 1 geernteten Körner ergaben:

93 Stauden, darunter 31% brandige;

die von Stelle 2 geernteten:

120 Stauden mit 58% brandigen.

2. Eine später blühende Weizensorte aus Gräbschen wurde am 15. Juli auf drei verschiedenen Beeten in den einzelnen Blüthen inficirt. Es wurde aber frischer Brand von einem Felde mit Schlanstedter Weizen verwendet. Aus den gebeizten Körnern wurden im März 1904 die jungen Keimlinge auf sterilisirtem Odersand angezogen und am 21. April ins freie Land übertragen.

Vom	Saatgut	des	Beetes	1	wurden	von	169	Stauden	68%	brandig.
„	„	„	„	2	„	„	168	„	60%	„
„	„	„	„	3	„	„	267	„	85%	„

3. Ebenso wie bei 1 wurde Schlanstedter Weizen im Juli 1903 mit Brandsporen derselben Sorte in einzelnen Blüthen inficirt und die gebeizten Körner wie vorher behandelt.

Von 171 herangezogenen Stauden waren 61% brandig.

4. Schlanstedter Weizen wurde am 16. Juli 1903 mit den frischen Brandsporen von einem Felde mit Landweizen aus Gräbschen inficirt und das geerntete Saatgut wie vorher behandelt.

Von 160 Stauden wurden 62% brandig.

5. Am 23. Juli 1903 wurden in der Blüthe befindliche Aehren vom Landweizen in Gräbschen mit frischen Brandsporen derselben Sorte inficirt, die in sehr verdünnter Bierwürze vertheilt waren. Die sporenhaltige Flüssigkeit wurde mit einem feinen Pinsel in die einzelnen, kurz vor der Oeffnung befindlichen Blüthen übertragen.

Das geerntete Saatgut wurde gebeizt, im März 1904 auf sterilisirtem Odersand angezogen und am 21. April ins freie Land übertragen. Die Infection wurde an 3 verschiedenen Beeten ausgeführt.

Das Saatgut von Beet 1 ergab unter 129 Stauden 81 % brandige.
" " " " 2 " " 204 " 96 % "
(Von dieser Parzelle ist das Bild 1 unserer I. Tafel aufgenommen.)
Das Saatgut von Beet 3 ergab unter 140 Stauden 78 % brandige.

6. Schliesslich wurde auch Koströmer Weizen unter denselben Bedingungen wie die vorher genannten Sorten in der Blüthe inficirt.

a) Mit Brandsporen derselben Weizensorte:
Von 175 zur Entwicklung gelangten Stauden waren 51 % brandig.

b) Mit Brandsporen von einem Felde mit Schlanstedter Weizen:
Von 53 Stauden waren 63 % brandig.

c) Mit frischen Brandsporen desselben Feldes, welche in Bierwürze angeschlemmt wurden:
Von 73 Stauden waren 38 % brandig.

Bei allen Versuchen wurden Controllparzellen aus gebeiztem Saatgut desselben Feldes angezogen. Es war in allen entweder kein Brand, oder doch nur ganz vereinzelt einmal ein brandiges Exemplar entwickelt.

III. Cylinderinfection.

Mit der Blüthe beginnender Weizen aus Leerbeutel wurde am 4. Juli 1903 mit frischen Brandsporen von einem Weizenfelde in Gräbschen cylinde rinficirt. Das Saatgut wurde gebeizt und im April 1904 direct ins freie Land übertragen. Die Infection wurde an 2 verschiedenen Stellen ausgeführt und das geerntete Saatgut im Jahre 1904 ebenfalls auf zwei besonderen Beeten ausgepflanzt.

Im Beet 1 waren unter 442 Stauden 19 % brandige Exemplare.
" " 2 " " 625 " 24 % " "

Eine Controllparzelle aus nicht inficirten Aehren desselben Feldes ergab 0,4 % brandige Stauden.

III. Infection der jungen Keimlinge.

1. Weizensorte aus Leerbeutel wurde an den jungen Keimen mit Weizenbrandsporen aus Münster angesprüht, die auf unmittelbare Keimung vorbereitet und in sehr verdünnter Nährlösung vertheilt waren. Die in Pflanzenkästen herangezogenen Keime wurden dann zur Hälfte auf gutes, gedüngtes Ackerland, zur anderen Hälfte auf wenig fruchtbaren, sandigen Boden ausgepflanzt.

Auf dem guten Lande waren unter 480 Stauden 0,3 % brandig.
Auf schlechtem Lande " 360 " kein brandiges Exemplar.

2. Genau wie vorher beschrieben wurde Schlanstedter Weizen an den jungen Keimlingen mit Brandsporen aus Münster behandelt und die angezogenen Pflänzchen auf gutes und schlechtes Land übertragen. Es wurden dieselben Versuche von Mitte März bis Ende April viermal in derselben Weise wiederholt.

Im Versuch 1 und 2 waren von je 400 auf gutes und schlechtes Land gepflanzten Stauden keine brandig.

Bei Versuch 3 war auf gutem Lande unter 240 Stauden keine brandig.
„ „ 3 „ „ schlechtem „ „ 200 „ 1,4 % „
„ „ 4 „ „ gutem „ „ 250 „ keine „
„ „ 4 „ „ schlechtem „ „ 220 „ 2 % „

IV. Infection des Saatgutes.

Das ungebeizte Saatgut wurde wie in den früheren Fällen mit Brandsporen vermischt so dass jedes Korn mit einer schwarzen Hülle von Brandsporen umgeben war. Die Körner wurden direct ins freie Land übertragen.

1. Landweizen aus Gräbschen mit Brandsporen desselben Feldes ergab
auf gutem Lande 280 Stauden mit 1 % brandigen Individuen.
„ schlechtem „ 160 „ „ 2 % „ „

2. Derselbe Weizen mit Brandsporen des Weizenfeldes aus Münster, ebenso wie vorher behandelt, ergab:
auf gutem Lande 153 Stauden mit 0,7 % brandigen Exemplaren.
„ schlechtem „ 200 „ „ 0,5 % „ „

3. Schlanstedter Weizen mit Brandsporen desselben Feldes ergab:
auf gutem Lande unter 320 Stauden keine brandige.
„ schlechtem „ „ 350 „ 2 „

4. Koströmer Weizen mit Brandsporen vom Weizen in Gräbschen sowohl wie von der eigenen Sorte ergab:
auf gutem Lande unter je 200 entwickelten Stauden keine brandige.
„ schlechtem „ „ „ 150 „ „ eine „ .

Controllparzellen mit demselben, aber gebeizten Saatgute auf schlechtem und gutem Lande hatten beim Schlanstedter und Koströmer Weizen weder auf gutem noch auf schlechtem Lande Brand. Der Weizen aus Gräbschen zeigte
auf gutem Lande unter 250 Stauden 2 % brandige.
„ schlechtem „ „ 100 „ (die allein zur Entwicklung kamen) 4 % brandige.

V. Infection des Substrates.

1. Gute Komposterde wurde mit den Flugbrandsporen vom Weizen aus Gräbschen in dem in Pflanzkästen befindlichen Substrate zur Keimung ausgelegt. Die Pflänzchen wurden am 14. April 1904 ins freie Land übertragen.
Von 200 entwickelten Stauden waren 2 % brandig.

2. Ebenso wurde Koströmer und Schlanstedter Weizen behandelt und ins freie Land übertragen. Auf den Versuchsbeeten mit je
200 Stauden traten keine brandigen Exemplare auf.

3. Die mit den Brandsporen vermischte Composterde wurde ausserdem mit frischem Pferdemist versetzt, im Uebrigen aber die Versuche wie unter 1. ausgeführt. Sie ergaben ganz genau dasselbe Resultat wie bei 1.

C. Infectionsversuche vom Jahre 1905.

I. Infection einzelner Blüthen.

1. Blühende Aehren eines grannenlosen Winterweizens wurden am 16., 21. und 22. Juni 1904 mit dem frischen Brande desselben Feldes in den einzelnen Blüthen inficirt. Die Infection wurde an drei verschiedenen Stellen ausgeführt. Das geerntete und gebeizte Saatgut wurde noch im Herbst desselben Jahres (am 7. October) bei schönem Wetter direct ins freie Land gesät. Das von den vier verschiedenen Stellen geerntete Saatgut wurde auf besondere Beete ausgepflanzt. Es kamen

auf Beet 1 256 Stauden zur Entwicklung, von denen 34 % brandig waren;
" " 2 267 " " " " " 43 % " "
" " 3 296 " " " " " 33 % " "
" " 4 230 " " " " " 16 % " "

Eine Controllparzelle mit 1000 Stauden desselben Weizens hatte nur 1 brandige Staude.

2. Derselbe Weizen wurde mit frischem Weizenbrand inficirt. Die Sporen wurden aber in Wasser vertheilt mit einem Pinsel in die Blüthen übertragen. Von dem im Uebrigen wie 1 behandelten Saatgut kamen im nächsten Jahre

200 Stauden zur Entwicklung, unter denen 14 % brandig waren.

3. Grannensommerweizen wurde in der Blüthe mit dem frischen, trockenen Brande desselben Feldes im Jahre 1904 inficirt und die aus gebeiztem Saatgut auf sterilem Sande herangezogenen Pflänzchen am 12. April 1905 in das freie Land übertragen. Es kamen

450 Stauden zur Entwicklung, von denen 63 % brandig waren.

Eine Controllparzelle desselben Weizens hatte 1 % brandige Aehren.

II. Cylinderinfection.

1. Blühender Sommerweizen (Landweizen aus Gräbschen) wurde mit dem frischen Weizenflugbrande cylinderinficirt. Das geerntete und gebeizte Saatgut wurde noch im Herbste desselben Jahres direct ins freie Land ausgesät. Es kamen

1750 Stauden zur Entwicklung, von denen 8 % brandig waren.

Eine ebenso grosse Controllparzelle aus dem Saatgute desselben Feldes von nichtinficirten Aehren hatte keinen Brand.

2. Blühender Sommerweizen wurde mit frischem Weizenflugbrande cylinderinficirt. Aus dem gebeizten Saatgut wurden im nächsten Jahre

2000 Stauden herangezogen, von denen 15 % brandig waren.

In einer gleich grossen Controllparzelle von nichtinficirten Aehren desselben Feldes traten vier brandige Pflanzen auf.

III. Infection der Keimlinge.

Für diese Infection wurde verschieden altes Saatgut verwendet, von Sorten, bei denen kein Flugbrand aufgetreten war. Die verwendeten Flugbrandsporen vom Jahre 1904 waren noch zum wesentlichen Teile keimfähig. Sie wurden durch Anschlemmen in Wasser auf unmittelbare Keimung vorbereitet und in verdünnter Nährlösung vertheilt angesprüht. Die Keimung des Saatgutes und das Ansprühen der Brandsporen erfolgte bei einer Temperatur von 10°. Nach drei Tagen wurden die Pflanzkästen mit den Keimlingen bei einer constanten Temperatur von 5° C. gehalten und nach 14 Tagen, weit genug entwickelt, ins freie Land übertragen.

1. Noëweizen von 1900/01/02/03/04 je 250 Stauden; kein Brand.
2. Ohioweizen „ 1900/01/02/03/04 „ 250 „ „ „
3. Lupizerweizen „ 1900/01/02/03/04 „ 250 „ „ „

Einige Vergleichskästen, die nicht im Keller, sondern in einem geheizten Zimmer bei 15—20° gehalten wurden,[1]) ergaben ebenfalls negative Resultate.

4. Junge Keimlinge von Winterweizen (Landweizen aus Gräbschen) wurden im Herbst 1904 mit den in ihrer Keimkraft noch nicht merklich abgeschwächten und wie vorher behandelten Brandsporen desselben Jahres angesprüht.

Von den überwinterten und im nächsten Jahre entwickelten 200 Pflanzen wurde keine brandig.

IV. Infection des Substrates.

1. Es wurde verschieden altes Saatgut, wie bei III, verwendet. Die Körner wurden in Pflanzkästen auf Komposterde gelegt und mit einer Mischung von 2 Theilen guter Komposterde und einem Theile sterilisirtem Pferdemist 6 cm hoch bedeckt. Die Kästen wurden eine Woche lang bei 6—8° C. (durch wiederholtes Ansprühen mässig feucht gehalten), und dann 14 Tage lang im Keller bei einer constanten Temperatur von 5° gehalten. Es wurde von den fünf verschiedenen Jahrgängen der drei vorher genannten Sorten je ein Versuch ausgeführt. Das Resultat war in allen 15 Fällen ein negatives.

2. Schliesslich wurden dieselben Substrate in der vorher angegebenen Art bereits im Herbst des Jahres 1904 mit den in ihrer Keimkraft noch ungeschwächten Sporen desselben Jahres gemischt und die Körner von Winterweizen aus einem brandfreien Felde darin ausgesät.

Von den überwinterten und im nächsten Jahre entwickelten Pflanzen wurde keine brandig.

Die Blütheninfection der Gerste.

Wir wenden uns jetzt den Infectionsversuchen mit dem Flugbrande der Gerste zu.[2]) Der Brand ist in seiner äusseren Erscheinung und in der Form der Sporen von dem Weizenbrande nicht zu unterscheiden.

[1]) Die Temperatur wurde in den kleinen Räumen (Göppertstr. 4) in der Nacht durch eine Beleuchtungsflamme regulirt.

[2]) Der hier in Frage kommende Flugbrand der Gerste darf nicht verwechselt werden mit dem Testabrande, der ebenfalls auf Gerste vorkommt, aber nicht verstäubt und

Die Blütheninfection der Gerstenpflanze ist nicht ganz so leicht auszuführen, wie die des Weizens. Die Blüthen der Aehren öffnen sich nur bei einzelnen Gerstenformen in der Art, dass Staubfäden nach aussen treten. In den meisten Fällen bleiben sie in den Blüthen resp. von den Spelzen eingeschlossen, die sich aber weit genug öffnen, um das Einstäuben der Sporen zu ermöglichen. Zu der Infection der Einzelblüthen bei der Gerste muss die Zeitfrist richtig wahrgenommen werden, in welcher diese am weitesten geöffnet sind, weil dann die Einführung der Sporen am besten ausführbar ist. Jedenfalls ist der Eingriff, der zu diesem Zweck an den Blüthen gemacht werden muss, ein grösserer wie beim Weizen, und es leuchtet von selbst ein, dass hierdurch eine Erschwerniss der Infection veranlasst wird. Für die Cylinderinfection kommen nur die Spalten in Betracht, welche sich natürlich bei den Blüthen zeigen. Auch hier ist die künstliche Infection unter Umständen eine weniger leichte wie bei dem Weizen. Es wurden wie früher bei den einzelnen Infectionen die inficirten Blüthen allein stehen gelassen, alle übrigen beseitigt und die einzelnen Halme durch bunte Bändchen gekennzeichnet. Das Letztere geschah auch bei den Cylinderinfectionen.

Das reife Getreide von beiden Versuchsreihen wurde eingesammelt, während des Winters trocken gehalten, im Frühjahr sterilisirt und auf sterilisirtem Glassand zur Keimung ausgelegt, ganz genau so wie es bei dem Weizen angegeben ist. Die Resultate bei den Infectionen der Einzelblüthen waren, wie vorauszusehen, duschschnittlich nicht ganz so günstig wie bei dem Weizen. Trotzdem erreichten wir auch hier, wie aus der am Ende dieses Abschnittes angeschlossenen vergleichenden Uebersicht unserer Infectionsversuche zu ersehen ist, hohe Procentsätze an brandigen Pflanzen bis zur totalen Infection, Fig. 1 auf Tafel I.

Die Cylinderinfectionen weisen, wie die Uebersicht ergibt, ebenfalls einen etwas geringeren Erfolg auf, als es beim Weizen der Fall war. Sie gingen im höchsten Falle nicht über 20 pCt. hinaus. Bei den einzelnen Gerstensorten, die zur Infection in Verwendung kamen, zeigten sich Schwankungen, welche aus der Uebersicht zu ersehen sind. Im grossen Ganzen ist aber das Resultat der Blütheninfection ein annähernd ebenso günstiges wie bei dem Weizenflugbrand und es

---

in den Spelzen eingeschlossen bleibt. Diese Brandform ist, wie ich durch Cultur nachgewiesen habe, grundverschieden von dem Flugbrande. Die Sporen keimen fructificativ aus und bilden Conidien, die sich in Nährsubstraten in Hefenform unendlich vermehren. Rostrup hat diese Form nach der äusseren Beschaffenheit als Ust. Jensenii bezeichnet.

kann, günstige Bedingungen vorausgesetzt, hier als ebenso sicher angenommen werden, dass die Blütheninfection stets erfolgreich ist, wenn Brandsporen in die Blüthen hineingelangen.

Die Infection an den jungen Keimlingen, welche in denselben 4 Formen, wie beim Weizenflugbrand ausgeführt wurde, hatte denselben negativen Erfolg, wie er bei dem Weizen festgestellt wurde. Aus allen Versuchen gingen auch hier gesunde, brandfreie Pflanzen hervor. In der vergleichenden Uebersicht sind wiederum die Versuchsreihen und ihre Ergebnisse zusammengefasst. Es kann hiernach beim Gerstenflugbrande dasselbe gelten, was für den Weizenflugbrand ausgesagt wurde, dass die Infection in den Blüthen die vorherrschende, wenn nicht die einzige Form der Infection der Nährpflanze ist. Auch die anatomischen Befunde im ruhenden Samen sowohl, wie im austreibenden Keimling waren nicht verschieden von denen, die schon beim Weizen angeführt sind.

Vergleichende Uebersicht der ausgeführten Infectionsversuche mit Gerstenflugbrand.

A. Infectionsversuche vom Jahre 1903.

I. Blütheninfection.

Aus der Blütheninfection vom Jahre 1902 wurde nur wenig Saatgut geerntet; das Wenige frutrirte dann noch bei der Aussat vollständig.

II. Cylinderinfection.

1. Am 18. Juni 1902 wurden an einem eben mit der Blüthe beginnendem Gerstenfelde in Gräbschen Cylinderinfectionen vorgenommen. Die hierfür ausgewählten Aehren zeigten in der Mitte einige geöffnete Blüthen. Aus dem geernteten Saatgut wurden unter
1590 Stauden 10,5 % brandige herangezogen.

Eine entsprechend grosse Controllparzelle mit Saatgut desselben Feldes aus nichtinficirten Aehren hatte 0,1 % Brand.

III. Infection junger Keimlinge.

1. Gerste aus Münster wurde mit Brandsporen vom selben Felde an den jungen, eben austreibenden Keimlingen durch Ansprühen inficirt. Die Brandsporen waren durch

Anschlemmen in Wasser aut unmittelbare Keimung vorbereitet und in verdünnter Nährlösung vertheilt. Unter den ins freie Land übertragenen

200 Stauden waren 1 % brandige.

In der Controllparzelle war keine brandige Staude vorhanden.

2. Zweizeilige Gerste wie 1 behandelt ergab kein brandiges Exemplar, ebenso die Controllparzelle.

IV. Infection des Saatgutes.

1. Es wurden 5 verschiedene Gerstensorten mit Brandsporen, die den Feldern jeder einzelnen Sorte entnommen waren, vermischt, direkt ins freie Land übertragen und je 300 Stauden herangezogen. Das Ergebniss an brandigen Stauden war genau dasselbe wie bei den Controllparzellen, die aus sterilisiertem Saatgut erzogen wurden.

B. Infectionsversuche vom Jahre 1904.

I. Die Blütheninfection.

1. Landgerste aus Münster wurde im Jahre 1903 mit frischen Gerstenbrandsporen desselben Feldes in den einzelnen Blüthen inficirt.

a) Vor der Blüthe.

b) Gerade in der Blüthe befindliche Aehren.

Ende März 1904 wurden die gebeizten Saatkörner auf sterilisirtem Odersand in geschlossenen Pflanzkästen angezogen, und die jungen Pflänzchen am 22. April 1904 ins freie Land übertragen.

a) aus den vor der Blüthe inficirten Körnern kamen
104 Stauden zur Entwicklung, von denen 17 % brandig waren.

b) Aus den in der Blüthe inficirten Körnern kamen
350 Stauden zur Entwicklung, von denen 60 % brandig waren.

Eine Controllparzelle aus gebeiztem Saatgut von nichtinficirten Aehren desselben Feldes ergab unter 300 Stauden kein brandiges Exemplar.

2. Am 30. Juni 1903 wurden gerade in der Blüthe befindliche Aehren einer zweizeiligen Hanna-Gerste mit frischen Brandsporen desselben Feldes in den einzelnen Blüthen inficirt. Das Saatgut wurde, wie bei 1 angegeben, im Jahre 1904 ausgesät. Es kamen

300 Stauden zur Entwicklung, von denen 57 % brandig waren.

Eine Controllparzelle aus gebeiztem Saatgut von nichtinficirten Aehren desselben Feldes ergab unter 250 Stauden kein brandiges Exemplar.

3. Landgerste aus Gräbschen wurde am 1. Juli 1903 mit Brandsporen desselben Feldes in den einzelnen Blüthen inficirt.

a) Kurz vor der Blüthe,

b) gerade in der Blüthe befindliche Aehren.

Die Aussaat im Jahre 1904 ergab

a) 85 Stauden, von denen 30 % brandig waren.

b) 162 „ „ „ 78 % „ „

4. Landgerste aus Gräbschen wurde am 3. Juli 1903 behandelt wie 3 b, doch wurde der frische Brand von dem Felde der Hanna-Gerste entnommen. Die sterile Aussaat der von den inficirten Blüten eingeernteten und gebeizten Körner ergab unter

160 Stauden 66 % brandige.

5) Gerstensorte aus Gräbschen wurde an besonders günstig entwickelten Aehren mit frischem Gerstenbrand desselben Feldes in den einzelnen Blüthen inficirt. Der Brand wurde mit verdünnter Nährlösung angeschüttelt und mit dem Pinsel übertragen. Die wie früher ausgeführte Aussaat der inficirten Körner im Jahre 1904 ergab

180 Stauden, die alle bis auf ein Exemplar brandig wurden.

(Bild 1, Tafel I.)

Eine Controllparzelle von 500 Stauden aus nichtinficirten Aehren derselben Gerste hatte 2 brandige Exemplare.

6. Eine zweizeilige, kleine Gerste, die niemals Flugbrand hatte, und deren Blüthen stets geschlossen bleiben, wurde am 30. Juni 1903, als die Narbe in den künstlich geöffneten Blüthen sich vollständig entwickelt hatte, mit frischen Brandsporen aus dem Felde der Hanna-Gerste inficirt. Die aus den inficirten Blüthen gewonnenen Körner wurden, wie früher beschrieben, im Jahre 1904 ausgesät. Es wurden von

160 Stauden 77 % brandig.

II. Cylinderinfection.

1. Blühende Gerste aus Münster wurde mit frischen Brandsporen desselben Gerstenfeldes in Gräbschen cylinderinficirt. Das gebeizte Saatgut wurde im April 1904 direkt ins freie Feld ausgelegt. Es kamen

500 Stauden zur Entwicklung, von denen 12 % brandig waren.

Eine Controllparzelle von 500 Stauden hatte nur ein brandiges Exemplar.

2. Blühende Gerstenähren eines Feldes in Gräbschen wurden in den ersten Tagen des Juli 1903 mit frischen Brandsporen desselben Feldes cylinderinficirt. Das gebeizte Saatgut wurde am 6. April direct ins freie Land ausgelegt. Es kamen

400 Stauden zur Entwicklung, von denen 20 % brandig waren.

Eine Controllparzelle von 400 Stauden aus nichtinficirten Aehren desselben Feldes hatte 1 % Brand.

3. Hanna-Gerste wurde im Anfang Juni 1902 an blühenden Aehren mit frischen Brandsporen von einem Gerstenfelde aus Gräbschen cylinderinficirt. Aus dem gebeizten Saatgut wurden im Jahre 1904

200 Stauden herangezogen, von denen 9 % brandig waren.

Eine Controllparzelle von ebensoviel Pflanzen hatte keinen Brand.

III. Infection junger Keimlinge.

1. Eine Gerstensorte aus Münster, aus Gräbschen und Hanna-Gerste wurden in Pflanzkästen auf Erde ausgelegt und die ganz gleichmässig entwickelten jungen Keimlinge

mit den noch keimfähigen Brandsporen derselben Felder wie früher angegeben, angesprüht. Es kamen von jeder Sorte je

600 Stauden zur Entwicklung, von denen je 1—2 Exemplare brandig waren.

IV. Infection des Saatgutes.

Ausser der Gerste aus Münster, Gräbschen und der Hanna-Gerste wurde noch eine 4. Gerstensorte mit den Brandsporen vermischt und einmal auf gut gedüngtem Ackerland, das andere Mal auf unfruchtbarem Sandboden ausgesät. In den 16 Versuchen kamen jedesmal

200 Stauden zur Entwicklung, unter denen nur ab und zu einmal 1 brandiges Exemplar auftrat.

Ganz dasselbe Resultat wurde in den entsprechenden Controllparzellen erhalten, in welchen gebeiztes Saatgut verwendet wurde.

V. Infection des Substrates.

Vier verschiedene Gerstensorten wurden in Pflanzkästen angezogen, die einmal mit guter Composterde, das andere Mal mit einer Mischung von Composterde und frischem Pferdedünger beschickt waren. Sowohl die Composterde, wie die Mischung mit Pferdedünger waren reichlich mit Flugbrandsporen der Gerste vermischt. Die in diesem Substrat gekeimten und weiter entwickelten Pflänzchen wurden später ins freie Land übertragen und je 200 Stauden herangezogen. Sie waren alle brandfrei.

C. Infectionsversuche vom Jahre 1905.

I. Blütheninfection.

1. Blühende Landgerste in Gräbschen wurde im Juni 1904 in den einzelnen Blüthen mit frischem, trocknen Gerstenflugbrande von je drei Damen zu gleicher Zeit auf zwei verschiedenen Feldern inficirt. Das gebeizte Saatgut wurde im Jahre 1905 in geschlossenen Kästen auf sterilem Sande herangezogen und auf zwei getrennten Beeten ausgepflanzt. Es kamen auf

Beet 1 600 Stauden zur Entwicklung, von denen 58% brandig waren,
„ 2 560 „ „ „ „ „ 44% „ „

Gleichgrosse Controllparzellen von derselben Gerste hatten keinen Brand.

2. Blühende Gerste eines anderen Feldes wurde am 28. Juni 1904 ebenfalls an zwei verschiedenen Stellen, wie bei 1, mit frischem Gerstenbrand inficirt. Die Brandsporen wurden mit Wasser angeschüttelt und mit sehr verdünnter Nährlösung versetzt. Das geerntete Saatgut ergab im nächsten Jahre

bei Beet 1 unter 250 Stauden nur 13% brandige,
„ „ 2 „ 200 „ „ 16% „

Eine Controllparzelle katte keinen Brand.

3. Zweizeilige, kleistogame Gerste, die niemals Flugbrand hatte, wurde im Juni 1904 in den Blüthen mit dem frischen Brande einer Gerste (Landgerste aus Gräbschen) inficirt. Im nächsten Jahre kamen

250 Stauden zur Entwicklung, von denen 30 % brandig waren.

II. Cylinderinfection.

1. In einem kurz vor der Blüthe befindlichen Gerstenfelde in Gräbschen wurden die noch geschlossenen Blüthen mit frischem Gerstenflugbrand an zwei verschiedenen Stellen am 22. Juni 1904 cylinderinficirt. Das gebeizte Saatgut wurde auf zwei verschiedenen Beeten ausgepflanzt. Es kamen auf

dem 1. Beete 540 Stauden zur Entwicklung, von denen 9,5 % brandig waren,
„ 2. „ 670 „ „ „ „ „ 9,7 % „ .

2. Dieselbe Gerste wurde dann etwas später, kurz nach dem Aufblühen cylinderinficirt. Es kamen

500 Stauden zur Entwicklung, von denen 12 % brandig waren.

Eine Controllparzelle derselben Gerste von 2000 Stauden hatte keinen Brand.

III. Infection der Keimlinge.

Es wurde verschieden altes Saatgut verwendet von Feldern, in denen kein oder wenig Flugbrand beobachtet worden war. Die verwendeten Brandsporen aus dem Jahre 1904 waren noch zum grössten Theil keimfähig. Die Versuchsanordnung war genau so, wie sie bei der Infection der Keimlinge im Jahre 1905 beim Weizen beschrieben worden ist. Es kamen zur Verwendung:

Probsteiner Gerste von 1900/01/02/03/04.
Chevalier-Gerste „ 1900/01/02/03/04.

In allen 10 Versuchen trat kein Brand auf.

IV. Infection des Substrates.

Die Versuche wurden mit den unter III genannten Sorten genau so ausgeführt, wie das beim Weizen 1905 an derselben Stelle beschrieben worden ist. Auch hier trat in den angestellten 10 Versuchen kein Brand auf.

Nach den übereinstimmenden Versuchen beim Weizen- und beim Gerstenflugbrande ist die Infection der Blüthen zur wissenschaftlichen Thatsache geworden. Eine neuentdeckte Infectionsform, an die man bisher gar nicht gedacht hat, führt die Branderscheinung des Flug-

brandes in den Getreidefeldern des Weizens und der Gerste herbei. Die bisher als allein wirksam geltende Infection an den jungen Keimlingen kommt gegenüber der Infection in den Blüthen wenig, vielleicht gar nicht zur Geltung. Die neue Thatsache ist an sich von hohem wissenschaftlichen Werthe. Sie tritt aber erst in ihrer charakteristischen Eigenart dadurch hervor, dass sich die Infection in ihrer nächsten Wirkung der Beobachtung ganz entzieht. Die an dem jungen Fruchtknoten eingedrungenen Infectionskeime bleiben in diesem verborgen und kommen bis zur vollen Reife der Körner zu keiner fructificativen Entwicklung, und zwar gerade an der Stelle, wo sonst die Brandlager stets und allein zur Ausbildung kommen. Es ist an dem inficirten und geernteten Saatgut nicht eine Spur einer stattgehabten Brandinfection äusserlich zu erkennen. Der anatomische Befund lehrt, dass die Brandkeime in dem Saatgute vorhanden sind, und während der Dauer der Samenruhe im Stillstande verharren. Die Infection wird durch die Samenruhe vorübergehend unterbrochen und setzt sich, nachdem sie diese überwunden, mit der weiteren Entwicklung der Pflanze fort. Erst mit der Keimung des Samens kommt der Pilz zur weiteren Entwicklung, um dann später zur Zeit der Blüthe wie durch einen Zauberschlag die Brandlager in der bisher scheinbar gesunden Pflanze zur Erscheinung zu bringen. Die Anpassung eines Parasiten an seine Nährpflanze tritt hier mit einer Vollendung zu Tage, wie sie im Pflanzenreiche in keinem anderen Falle bekannt geworden ist. Die Infection greift auf die ersten Anlagen der jungen Pflanze zurück, und die Erscheinung der Krankheit kommt erst in der zweiten Vegetationsperiode, in den letzten Stadien der Entfaltug zur äusseren auffälligen Erscheinung.

Man könnte hier an Vererbung glauben, wenn sich die Infection in den Blüthen nicht mit Sicherheit nachweisen und zurückverfolgen liesse auf die Zeit der Bestäubung und Befruchtung der Anlage des jungen Embryos in den Fruchtknoten der Blüthen. Diesen ebenso bemerkenswerthen, wie wichtigen Thatsachen für die Biologie der Brandpilze nach der rein wissenschaftlichen Seite schliessen sich die nicht minder wichtigen Folgerungen an, welche sich aus der Blütheninfection für die Praxis

der Landwirthe, also für die Bekämpfung der Brandpilze ergeben.

Es ist mit der Blütheninfection sicher erwiesen, dass die brandigen Individuen in einem blühenden Getreidefelde die Infectionsherde für die Ansteckung und Weiterverbreitung des Brandes bilden. Von den Brandlagern der befallenen Pflanze verstäuben die Sporen und werden vom Winde direct auf die Blüthen der Umgebung vertrieben. Sie gelangen so unmittelbar in die Blüthen und auf die Narben, inficieren hier den jungen für die Infection empfänglichen Fruchtknoten, erzeugen aber erst im folgenden Jahre aus dem so inficirten Saatgute die Erscheinungen des Brandes, wie wir sie in den Feldern antreffen.

Den brandigen Pflanzen hat man bisher nur einseitige Aufmerksamkeit geschenkt. Man dachte nur daran, dass die Brandsporen äusserlich auf das umgebende Getreide und auf die Erde vertrieben würden, und dass sich erst nachträglich an den Keimen des Saatgutes und nur an diesen die Infection im Boden vollzieht. An die Möglichkeit einer Blütheninfection, bei welcher die brandigen Pflanzen die directen und unmittelbaren Infectionsherde für die umgebenden gesunden Pflanzen darstellen, hat man nicht gedacht, und namentlich nicht daran, dass das schon geerntete Saatgut von den Infectionskeimen aus der vorangegangenen Blüthezeit befallen sein kann.

Man war weiterhin, im Zusammenhange mit der Annahme einer ausschliesslichen Infection am jungen Keimling, der Ueberzeugung, dass man den Brand allein erfolgreich bekämpfen könnte, wenn man das Saatgut mit seinen äusserlich anhaftenden Sporen mit Beizmitteln desinficirte und so die Sporen an der Oberfläche abtötet. Welchen Werth hat nun die Desinfection oder Beizung der Saatkörner für die in der Blüthe inficirten Körner? Offenbar keinen. Die äusserlich anhaftenden Sporen brauchen nicht erst durch Beizung getödtet werden, sie dringen, wie wir nachgewiesen haben, doch nicht ein. Die in dem Samen vorhandenen Infectionskeime, die in der Blüthezeit eingedrungen sind, lassen sich aber durch Beizung überhaupt nicht tödten. Die Desinfection ist nur eine äusserliche. Die Beizung ist also zwecklos für die Formen des Flugbrandes beim Weizen und bei der Gerste. Es wurde schon angegeben, dass das gebeizte Getreide, das in der Blüthe inficirt ist, total brandige Felder hervorgebracht hat.

Die jetzt aufgeklärte Thatsache, dass aus gebeiztem Saatgute beim Weizen und bei der Gerste gleichwohl brandige Pflanzen hervorgehen, ist an sich nicht neu. Sie ist den praktischen Landwirthen durch die Erfahrung längst bekannt. Man kam aber nicht auf die richtige Spur zur Erklärung der Thatsache. Man lenkte die weiteren Untersuchungen in ein falsches Geleise ein, indem man immer wieder annahm, dass die Form der Beizung unzureichend und unvollkommen gewesen sei, wenn die Erfahrung ergab, dass aus gebeiztem Getreide brandige Pflanzen hervorgehen. Die verschiedenen Angaben über neue Beizungsmethoden und ihre Wirksamkeit sind die natürliche Folge gewesen, welche dieser irrige Gedankengang hervorgerufen hatte. Wäre man nicht so einseitig in der Beurtheilung der Erscheinungen vorgegangen, so hätte man sich die Frage gerade nach der entgegengesetzten Seite stellen müssen, nämlich dahin, ob wir über die Art, wie die Infection durch die Brandpilze erfolgt, schon genügend unterrichtet sind, und ob die Annahme eine zutreffende ist, dass die Infection allein auf die Keimlinge des jungen Saatgutes beschränkt bleibt.

Von dieser Annahme, dass die Infection nur an den jungen Keimlingen erfolgen könne, gehen die bis in die neueste Zeit fortgesetzten Untersuchungen über Brandinfectionen aus. Die in den verschiedenen Versuchen erzielten Procentsätze an brandigen Pflanzen sind auf vorausgegangene Blütheninfectionen zurückzuführen. Die Infectionskeime sind in dem Saatgute schon vorhanden gewesen, welches man durch angeschüttelte Sporen inficirt zu haben glaubte, wie z. B. in den von Otto Rose in Rostock angestellten Versuchen, über die er in seiner Inaugural-Dissertation, Rostock 1903 „Der Flugbrand der Sommergetreidesaaten und Massnahmen zur Bekämpfung dieses Pilzes in der landwirthschaftlichen Praxis“ berichtet hat. Wir haben die Versuche mit verschiedenen Weizen- und Gerstensorten wiederholt und zwar mit denjenigen Sorten, welche bei Rose die höchsten und niedrigsten %-Sätze an brandigen Aehren ergeben hatten. Das aus derselben Quelle bezogene Saatmaterial wurde einmal mit Sporen angeschüttelt, das andere Mal desinficirt und Ende März direct ins freie Land ausgesät. Die Resultate sind, wie aus der nachfolgenden Tabelle über die mit Gerstensorten angestellten Versuche ersichtlich ist, in beiden Fällen ganz die gleichen geblieben. Die Temperatur war in den ersten drei Wochen nach der Aussaat durchschnittlich noch etwas niedriger, als bei den Rose'schen Frühsaaten. Wodurch die verschiedenen Resultate Rose's bei Früh- und Spät-Saaten bedingt sind, darüber werden unsere späteren Arbeiten Aufschluss bringen.

Gersten Sorte	Brandige Stauden in % gebeizte Saat	mit Brand gemengte Saat	Gersten Sorte	Brandige Stauden in % gebeizte Saat	mit Brand gemengte Saat
1. Bestehorn's	0,5	0,5	14. Nackte, grosse zweizeilige	0	0
2. Bestehorn's Kaiser	0	0	16. Nackte, dreigabl. Neapel	0	0
3. Chevalier	3	3	17. Oderbrucher	0,5	0,50
6. Golden Drop	0	0	19. Probsteier	0	0
5. Griechische, sechszeilige	0	0	18. Phönix v. Thillau	0	0
7. Hanna	0	0,5	20. Reis oder Fächer	0	0
8. Imperial, lockere	0	0	21. Schwarze Gerste	0	0
9. Imper., verb. ungleich-zeilige	2	0	4. Erfurter, weisse	0	0
			10. Kallina	0,5	0,5
12. Mandschurei	0	0	15. Nackte, dreigabl.-dreizeilige	2	2,50
11. Mährische	1	1			
13. Nackte, kleine blaue	0	0			

Mit zwingender Notwendigkeit wiesen die Erfahrungen, dass der Flugbrand aus den Getreidefeldern trotz der Beizung nicht verschwindet, darauf hin, dass neben der Infection der jungen Keimlinge noch eine andere Infectionsform bei unseren Brandpilzen bestehen müsse, aus welcher eine Erklärung dafür abgeleitet werden konnte, dass aus gebeizten Samenkörnern brandige Pflanzen hervorgehen. Erst jetzt ist die Sache aufgeklärt und in so natürlicher und einfacher Weise, dass es jeden Landwirth interessiren muss, zu erfahren, dass die brandigen Individuen eines Feldes die unmittelbaren Infectionsherde sind, von welchen die Krankheitskeime in der Blüthezeit auf die gesunden Pflanzen direct übertragen werden.

Aber diese Aufklärung für die Landwirthe würde nur eine einseitige und wenig befriedigende sein, wenn es nicht auch möglich wäre, an Stelle der Unfehlbarkeit der Beizung des Getreides, die bisher allgemein als wirksam angenommen wurde, eine andere Art der Bekämpfung der Branderscheinungen einzusetzen. Und welcher Art kann das neue Schutzmittel zur Abwehr des Brandes sein? Offenbar kein anderes als das, dass man fortan nur mit gesundem Saatgut von brandfreien Feldern entnommen, den Acker beschickt, und dass man so die Bekämpfung des Brandes nicht positiv, sondern negativ zu erreichen sucht. Es ist kaum durchführbar, dass man die brandigen Pflanzen eines Feldes ausreisst, um die Blütheninfection zu verhindern. Es kann nur so geschehen, dass man

von brandfreien Feldern das Saatgut auswählt und so verhindert, dass schon von Brandinfection betroffene Samenkörner zur Aussaat gelangen. Reines Saatgut von brandfreien Feldern muss fortan die Losung zur Bekämpfung des Brandes bei den Landwirthen sein. Wird dies allgemein und mit Sorgfalt durchgeführt, so müssen die Branderscheinungen mit Nothwendigkeit allmählich zurücktreten und ganz aufhören, so weit es sich eben um Formen handelt, die in den Blüthen inficirt werden.

Hiermit erreichen unsere Untersuchungen über die Blütheninfection beim Flugbrande des Weizens und der Gerste ihren vorläufigen Abschluss. Es soll aber die Nebenfrage hier nicht ungelöst bleiben, die sich unwillkürlich aufdrängt, die Frage nämlich, ob sich die Infectionskeime des Brandes, welche sich von der Blütheninfection her in dem Saatgute befinden, mehrere Jahre entwicklungsfähig erhalten können. Die Lösung dieser Frage verstärkt zugleich die Sicherheit der Thatsache, dass die Infection in den Blüthen erfolgt, und dass die Infectionskeime in dem gereiften Saatgute latent vorhanden sind.

Es wurde von dem geernteten Saatgute des Weizens und der Gerste ein Theil zurückbehalten und für die nächstjährigen Versuche verwendet. Von den Saatkörnern nun, aus welchen im ersten Jahre nach erfolgter Beizung die höchsten Procentsätze von brandigen Pflanzen erzogen worden sind, wurden nach zweijähriger Samenruhe neue Aussaaten gemacht, einmal vom Weizen, das zweite Mal von der Gerste. Die Aussaaten wurden mit all der Vorsicht gemacht, wie sie früher angegeben ist, und aus den Körnern, die sich noch gut keimfähig erwiesen, wurden kräftige Pflanzen gezogen, welche zur Blüthezeit im zweiten Jahre dasselbe Bild von brandigen Versuchsfeldern darboten, wie sie vom ersten Jahre beschrieben und in Fig. 1 und 2 bildlich wiedergegeben sind, sämmtliche Pflanzen waren in einzelnen Versuchen brandig. Es ist durch diese letzten Versuche nun thatsächlich festgestellt, dass die im Saatgut latenten Infectionskeime für die Dauer von zwei Jahren entwicklungsfähig blieben. Das Resultat berechtigt zu der Annahme, dass diese Entwicklungsfähigkeit auch noch länger dauern wird, vielleicht auch so lange, als die Keimfähigkeit des Saatgutes überhaupt anhält. Es hat nur wissenschaftlichen, keinen praktischen Werth, die Versuche nach dieser Richtung hin weiter zu führen, da mehr als zweijähriges Saatgut in der Praxis nicht zur Verwendung kommt.

Auch eine zweite Nebenfrage ist hier nicht unberücksichtigt geblieben, welche sich aus der äusseren, fast vollkommenen Uebereinstimmung zwischen dem Flugbrande des Weizens und der Gerste ergibt, die Frage nämlich: liegen hier wirklich zwei verschiedene Formen vor, oder handelt es sich um denselben Brand, der die Hordeaceen, also Hordeum und Triticum befallen kann? Die ausgeführten Kreuzungsinfectionen vom Gerstenbrand auf Weizenblüthen und von Weizenbrand auf Gerstenblüthen haben zunächst noch nicht genügend überzeugende Resultate ergeben. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass der sehr trockene Sommer des vorigen Jahres die Infection in den Blüthen auch hier beeinflusst hat. Die Versuche sind bereits von Neuem eingeleitet worden, und es sollen die diesbezüglichen Ergebnisse später mitgetheilt werden.

Die Infection des Hafers.

Den beiden Flugbrandformen bei dem Weizen und bei der Gerste, also bei Hordeaceen schliesst sich nun die dritte Form an, welche auf Hafer, also auf Avenaceen zur Erscheinung kommt. Aeusserlich ist dieser Brand in den Brandlagern und in der Gestalt der Sporen den früheren Formen sehr ähnlich. Bei der Cultur der Brandsporen in Nährlösung ergeben sich aber sehr bald die weitgehendsten Unterschiede. Der Flugbrand des Hafers keimt nicht steril, sondern fructificativ aus.[1]) Es werden von den Hemibasidien Conidien gebildet von bestimmter Form, und diese bilden durch directe Sprossung eine höchst charakteristische Form von Hefenconidien, deren zerfallene Glieder mit der Erschöpfung der Nährlösung sofort zu kräftigen, langen Keimschläuchen[2]) auswachsen, die zum Eindringen in die Nährpflanze bestimmt sind. Zu dieser Art der Keimung kommt nun der zweite Unterschied hinzu, der die Keimdauer der Sporen betrifft. Diese erlischt hier nicht wie bei den anderen beiden Formen nach Jahresfrist; sie hält vielmehr Jahre lang an und die dann in ihrer Keimkraft versuchten Sporen keimen ebenso kräftig aus, wie die frisch geernteten.

Es ist klar, dass wir es in dieser Brandform mit Sporen zu thun haben, die in der Energie ihrer Entwicklung und in der endlosen Vermehrung ihrer

[1]) Siehe Tafel 2 im V. Bande dieses Werkes.
[2]) Siehe Tafel 3 im V. Bande dieses Werkes.

Conidien in saprophytischen Substraten eine Infectionskraft verrathen, wie sie der Weizen- und der Gerstenflugbrand nicht besitzen. Die letzteren sind für ihre Infection auf die jungen Blüthen resp. Narbe und Fruchtknoten angewiesen, in der Erde aber für die Infection der jungen Keimlinge erwiesen sie sich wirkungslos. Das Verhalten des Haferbrandes deutet schon auf ein gegentheiliges Verhalten hin, nämlich auf die Infection an den jungen Keimlingen, die durch die Vermehrung der Infectionskeime in der Erde auf saprophytischen Substraten bedeutend begünstigt wird.

Die schon früher mit dem Flugbrande des Hafers angestellten Infectionen, welche in dem XI. Theile[1]) dieses Werkes ausführlich mitgetheilt sind, haben ergeben, dass hier eine Infection der jungen Keimlinge des Saatgutes zweifellos stattfindet. Die Wirkung der Infectionskeime, die mit dem Pulverisator auf die jungen Keimlinge angesprüht wurden, ergaben zwar, dass durch noch näher zu erforschende Nebenumstände keine Totalinfection, sondern nur ein Resultat von 7—20 pCt. an brandigen Pflanzen erzielt wurde. Dafür ergaben aber die Versuche mit inficirter Composterde und mit Humuserde, die zu einem Drittel mit Pferdedünger versetzt waren und welche zur Ueberdeckung der Saatkörner zur Verwendung kamen, einen Procentsatz von brandigen Pflanzen, der sich auf 30—40 von Hundert steigerte.

Diese Ergebnisse von früher sind nun im Verlaufe der weiteren Jahre und namentlich in den letzten 5 Jahren in zahlreichen Versuchen wiederholt worden. Sie ergaben für die Infection mit dem Pulverisator keine besseren Resultate, konnten aber dafür in den Versuchen mit Humuserde und gedüngter Gartenerde schon jetzt auf mehr als 60 pCt. gesteigert werden. Es liegt hier eine Summe von Nebenumständen vor, welche die Infectionen begünstigen und namentlich die längere Entwicklung der Infectionskeime in der Humuserde und der gedüngten Gartenerde, welche so zur Ueberdeckung der Saatkörner in Verwendung kamen. Wahrscheinlich kommt auch noch hier eine verzögerte Entwicklung in der Auskeimung des Saatgutes den Infectionskeimen zu Hilfe, nur sind die hier zur Zeit schwebenden Untersuchungen in ihren Resultaten noch nicht genügend abgeschlossen. Sie sollen erst in der nächsten Arbeit über die Brandpilze in statistischer Uebersicht mitgetheilt werden.

---

[1]) l. c. S. 23.

Bezüglich des Temperatureinflusses wurden Versuche angestellt über die Keimfähigkeit der Brandsporen und der Saatkörner bei constanten, niederen Temperaturen. Es zeigte sich, dass die Brandsporen fast bis zum Gefrierpunkte in Nährlösungen noch auskeimen. Die Keimung ist nur eine entsprechend verlangsamte, sonst aber die gleiche wie bei höheren Wärmegraden. Aber auch das Saatgut keimte bei niederer Temperatur bis fast 0 noch aus, freilich ebenfalls sehr langsam. Wenn hier die Sporenkeimung und die Keimung des Saatgutes für beide in gleichem Verhältniss bei Temperaturerniedrigung verlangsamt wird, so ist nicht einzusehen, dass durch Abkühlung eine Wirksamkeit erreicht werden kann. Wohl aber wird die Wirkung dann eintreten, wenn bei älterem Saatgute die Verlangsamung der Auskeimung gesteigert wird, die sich bei den Brandsporen nicht in der gleichen Art bemerkbar macht. Es ist nicht räthlich, zu niedrige Temperaturgrade für die Infectionsversuche zu verwenden, da ja nur die Entwicklung verlangsamt wird; dagegen ist es fraglich, ob sich Temperaturunterschiede im inficirten Erdreich und in dem austreibenden Getreide zu Gunsten der Infection geltend machen können. Hierüber sind die weiteren, in ihrer exacten Ausführung sehr erschwerten Untersuchungen aber erst im Gange.

Die Infectionsversuche in dem aufblühenden Getreide konnten beim Flugbrande des Hafers erst vor zwei Jahren eingeleitet werden. Die Infection in den einzelnen Blüthen ist hier nicht ohne recht erhebliche Eingriffe und Störungen der Blüthe möglich. Die Zeit, in welcher die Haferblüthen geöffnet sind, lässt sich schwer abpassen und das künstliche Oeffnen der Haferblüthe erfordert die Trennung der festzusammenschliessenden Spelzen. Von den geernteten Haferkörnern der Blütheninfection war ein hoher Procentsatz taub, eine beträchtliche Zahl frustrirte ausserdem bei der Keimung wahrscheinlich in Folge der Störung durch den mechanischen Eingriff bei der Infection. Die schliesslich auskeimenden Körner erwiesen sich auch noch in der Keimkraft geschwächt und gingen nachträglich zum grössten Theile ein. Nun kam noch hinzu, dass in den betreffenden Beeten Drahtwürmer auftraten und den Rest bis auf wenige Pflänzchen vernichteten; aus diesen gingen nachträglich gesunde Pflanzen hervor.

Die Cylinder-Infection der Haferblüthen mit dem Pulverisator wurde nebenher ausgeführt. Die meist herunterhängenden Blüthen der Haferrispe wurden bei der Cylinderbestäubung von unten her mit Brandsporen bestäubt. Das geerntete Saatgut hatte aber bisher, abgesehen von vereinzelten brandigen Pflanzen, nur negative Resultate gezeitigt.

Wir können aus den bei dem Flugbrande des Hafers gewonnenen Resultaten der Blütheninfectionen zwar noch keinen endgültigen Schluss ziehen, aber doch schon so viel aussagen, dass hier die Blütheninfection nur von geringerer Bedeutung sein kann, dass hingegen die Infection der Keimlinge in der Erde nach den schon mitgetheilten Resultaten eine um so erfolgreichere ist. Es liegen indess eine Reihe von Beobachtungen vor, wo das Auftreten von brandigen Pflanzen nach unseren Erfahrungen kaum eine andere Erklärung zulässt, als die, dass auch hier eine Blütheninfection stattfinden müsse. Schon der Umstand, dass die Blüthen an den Rispen des Hafers nicht aufrecht stehen, sondern nach unten hängen, ist einer directen Bestäubung der Blüthen durch die Brandsporen in der Natur nicht so günstig. Die verstäubenden Sporen werden nicht von unten nach oben, sondern von oben nach unten vertrieben.

Es ist bemerkenswerth, dass die von uns gewonnenen Resultate der Infection in so natürlichem und harmonischem Zusammenhange zu den Erscheinungen stehen, welche sich bei der Keimung der Sporen namentlich in saprophytischen Substraten ergeben haben. Die Vermehrung der Infectionskeime im Boden und namentlich in gedüngtem Boden weist auf die vorherrschende Infection der Keimlinge des Saatgutes hin. Auch die bemerkenswerthe Thatsache, dass die Sporen des Hafer-Flugbrandes Jahre lang ihre Keimkraft behalten, und dass dieselben so lange Zeit im Boden infectionsfähig verbleiben können, weist auf die Infection im Boden hin.

Die verschiedenen Resultate, welche hier einmal bei dem Flugbrande der Hordeaceen, das andere Mal bei den Avenaceen gewonnen wurden, mahnen zur Vorsicht in der zu starken Betonung eines einzigen Factors für die Infectionen. Aeusserlich ist der Flugbrand des Hafers von den zwei anderen Formen nicht wesentlich verschieden. In dem biologischen Verhalten zeigt sich erst die Verschiedenheit, die der Beobachtung entgehen würde, wenn man nach dem Charakter des Flugbrandes allein sein Urtheil bestimmen würde, wie es früher geschehen ist.

Die Blütheninfection bei Melandryum.

Die bisher besprochenen Brandformen kamen zur Erscheinung in den Blüthen von Gräsern, also der Pflanzen, welche durch Windblüthigkeit ausgezeichnet sind. Es gibt nun aber eine Reihe von Brandpilzen, welche bei

insectenblüthigen Pflanzen auftreten, und welche einzelne Theile in deren Blüthen befallen. Eine besonders charakteristische Form dieser Art ist in dem Antherenbrand gegeben, der vorzugsweise in den Blüthen von Caryophyllaceen zur Erscheinung kommt. Die befallenen Nährpflanzen sind in ihrer äusseren Erscheinung völlig normal, nur die Antheren sind von dem Brandpilze, der Ustilago antherarum oder Ustilago violacea, befallen.[1]) Statt der Pollenkörner in den normalen Antheren finden sich hier dicke Brandlager mit violetten Sporen in den Staubgefässen vor. Die Brandsporen werden sehr reichlich gebildet und von der Bildungsstätte nachgeschoben in solchen Mengen, dass die Antheren aufreissen und die Sporenlager frei nach aussen treten. Die Sporen sind nicht so pulverig und verstäubbar, wie die vom Flugbrande; sie haben eine eher klebrige Beschaffenheit, wie sie ja auch dem Pollen von insectenblüthigen Pflanzen zukommt. Wenn man z. B. die Blüthen von Melandryum album, welche von dem Antherenbrande befallen sind, mehrere Tage hindurch im Anfange ihres Aufblühens verfolgt, so findet man, dass sich hier Einflüsse geltend machen, welche die Sporen aus den Antheren vertreiben. Die weissen Blüthenkronen erscheinen wie beschmutzt von angeklebten Brandsporen, durch welche sich für gewöhnlich der Antherenbrand auf der befallenen Blüthe auch nach aussen hin bemerkbar macht. Die Blüthen von Melandryum album öffnen sich am Abend und bleiben in der Dunkelheit offen; sie werden von Insecten, besonders von Nachtschmetterlingen besucht, welche ihren Rüssel in die Blüthen einstecken, um den Nektar zu holen. Von diesen werden zugleich auch die Sporen des Brandes vertrieben und hierbei werden die weissen Blüthenkronen von den dunklen Brandsporen beschmutzt. Man wird unwillkürlich, wenn man sich von dieser Thatsache überzeugt, darauf hingewiesen, dass das Vertreiben der Brandsporen aus den Antheren befallener Blüthen durch den Rüssel der Schmetterlinge herbeigeführt wird. Die Infection resp. die Verbreitung der Brandkrankheit erfolgt also hier nicht durch den Wind, sie erfolgt durch Insecten, welche die Bestäubung der Blüthen vermitteln. Die Insecten, welche eine brandige Blüthe besucht haben, übertragen die massenhaft an ihrem Rüssel klebenden Brandsporen auf die Narbe, den Griffel und den jungen Fruchtknoten benachbarter weiblicher Blüthen, so dass eine Infection durch Insecten von männ-

[1]) Zweifellos ist hier die ganze Pflanze von dem Pilze des Antherenbrandes befallen, der stets in allen Blüthen der reich verzweigten Pflanze auftritt.

licher Blüthe zu weiblicher Blüthe bei diesen diöcisch diclinen Pflanzen in der einfachsten und natürlichsten Weise erfolgen kann. Wenn man die Rolle des Insectes selber übernimmt und den Antherenbrand in die weiblichen Blüthen so überträgt, wie es der Rüssel der Schmetterlinge thun muss, so kann man sich leicht überzeugen, dass die auf die inneren Theile der weiblichen Blüthen übertragenen Brandsporen, dort wo sie mit Narbensekret und Nektar, den günstigsten Nährsubstraten für die saprophytische Ernährung der Brandsporen, in Berührung kommen, auf das leichteste auskeimen, und zwar in den Formen, wie sie im V. Theile dieses Werkes für den Antherenbrand beschrieben sind. Es steht der Vorstellung nichts im Wege, dass die aus einzelnen oder fusionirten Conidien austreibenden Keimschläuche, die in ihrer Form auffällig an Pollenschläuche erinnern,[1]) den Griffelkanal gleich diesem durchwachsen, in den Fruchtknoten vordringen und die in centraler Placentation befindlichen Eier erreichen und inficiren können. Wie von einem Lichtblicke getroffen steigt der Gedanke in der Vorstellung auf, dass in dem Narbensekret und in dem Nektar der Blüthe die natürlichen saprophytischen Substrate gegeben sind, in welchen die Brandsporen auskeimen, ihre Keime vermehren, mit ihren Keimschläuchen durch den Griffelkanal vordringen und die jungen Samenanlagen erreichen können. Für den erwiesenen facultativen Parasitismus, für die überaus leichte Ernährung der Brandsporen in allen möglichen Nährlösungen, finden wir hier wiederum eine naheliegende Erklärung. Nicht bloss im Boden befinden sich die Substrate für die saprophytische Ernährung dieser Pilze, sie finden sich ebenso in den Blüthen von insectenblüthigen Pflanzen, welche so häufig von Brandpilzen befallen werden, und von welchen bisher der Antherenbrand nur als einer und zwar der prägnanteste und interessanteste Fall für unsere Untersuchungen herangezogen worden ist.

Nachdem diese Vorfragen erörtert sind, handelt es sich um praktische Versuche. Diese Versuche sind zunächst mit Melandryum album als Versuchsobject ausgeführt. Die weiblichen Blüthen dieser Pflanze wurden mit dem Brandstaub aus den Antheren männlicher Blüthen inficirt.[2]) Der Insectenrüssel wurde durch einen eigenartigen Pinsel ersetzt, und die Bestäubung resp. Infection von den

---

[1]) Vergleiche die Abbildungen auf Tafel I. im V. Hefte dieses Werkes. Fig. 25—27.

[2]) In der Umgebung von Breslau haben wir nur männliche Blüthen, welche in den Antheren von Ust. Antherarum befallen waren, angetroffen. Es wird aber schon von älteren

Narben bis zu den tieferen Stellen des Fruchtknotens durchgeführt, so ungefähr wie man sich die Einführung der Sporen durch den Insectenrüssel denken kann. Die stattgehabte Infection war nicht zu bezweifeln, aber leider wurde die Ernte der Samen von den inficierten Blüthen vereitelt. Die Infectionen waren nur ausserhalb Breslaus ausführbar, wo Pflanzen von Melandryum album sich vorfanden. Die inficirten Pflanzen konnten darum nicht in steter Beobachtung bleiben und waren bereits abgeschnitten, als wir die Samen ernten wollten. Um Erfahrungen wie diese zu vermeiden, wurden dann gesunde und befallene Melandryumpflanzen im Garten angezogen. Nun war die Infection im Garten ausführbar und die Pflanzen konnten stetig überwacht werden. Leider machten sich auch hier von neuem Störungen bemerkbar, die vorher nicht geahnt werden konnten. Als die Kapseln reif geworden waren, zeigte es sich, dass die Samen bis auf einen kleinen Rest von Maden aufgefressen waren. Dieser Rest wurde nun im folgenden Jahre zur Aussaat verwendet. Unter den so gezogenen Pflanzen befanden sich in der That eine Anzahl brandiger Individuen. Weitere Erfahrungen belehrten uns, dass eine natürliche Infection durch Schmetterlinge mit Sicherheit erreicht werden kann, wenn in der unmittelbaren Nähe von brandigen Stauden gesunde weibliche Pflanzen von Melandryum gezogen werden. Schon die makroskopische Untersuchung der Narbe dieser Pflanze ergibt, dass sie fast ausnahmslos mit Brandsporen bestäubt sind, die man mikroskopisch auf den Narben keimen und sich weiter entwickeln sehen kann. Der von solchen gezeichneten weiblichen Blüthen nachträglich geerntete und desinficirte Same, der allerdings auch hier durch Insectenfrass stark decimirt war, ergab in den einzelnen Parzellen bis 20 pct. an brandigen Pflanzen, deren Erkrankung nicht anders als durch die vorausgegangene Blütheninfection erklärt werden konnte. Mit diesen Einzelheiten müssen wir uns hier vorläufig begnügen. Untersuchungen gleich diesen können nicht in ein paar Jahren völlig erschöpft werden, sie bedürfen der jahrelangen Fortsetzung, wenn sie zu allseitig abgeschlossenen Resultaten führen sollen.

Jedenfalls ist es von höchstem Interesse, dass sich bei den Blüthen bewohnenden Brandformen die zwei Typen der Infection wiederfinden lassen, wie sie bei der Pollenbestäubung bei den windblüthigen Pflanzen einmal, bei insecten-

---

Autoren (Tulasne, Giard, Magnin u. A.) angegeben und bis in die neueste Zeit bestätigt, dass es auch zwittrige Blüthen gibt, von welchen man annimmt, dass die Entwicklung der hier stets brandigen Antheren durch den Einfluss des Pilzes hervorgerufen wird.

blüthigen Pflanzen das andere Mal festgestellt sind. Was hier noch ganz besonders betont sein muss, das ist die Thatsache, dass die verschiedenen Formausbildungen der Brandpilze in saprophytischen Nährsubstraten, wie sie der V. und XII. Teil dieses Werkes[1]) in so zahlreichen Fällen nachweist, in harmonischem Zusammenhange stehen mit den nun bekannt gewordenen Infectionsformen der Brandpilze.

Die Infection der Wasserpflanzen.

Als eine nebenläufige Ergänzung zu den vorstehend dargelegten Infectionen durch Wind und durch Insecten muss hier bemerkt sein, dass auch das Wasser als Medium und Hilfsmittel für die Infection bei den Brandpilzen in einzelnen Fällen in Betracht kommt. Die Formen von Doassansia bewohnen zumeist die Blätter von Wasserpflanzen, z. B. von Alisma, Sagittaria etc. und erzeugen bei diesen streng localisirte, bleich erscheinende Flecken, in welchen man die Fäden des Parasiten findet und namentlich zu Ende der Entwickelung die grossen eigenartigen Sporenhaufen antrifft, durch welche die Doassansia-Formen charakterisirt sind. Diese Sporenhaufen bestehen nur in den inneren Zellen aus fructificativen Bildungen; die äussere Sporenschicht ist steril und bildet eine Hülle um den inneren Sporenhaufen, welcher hierdurch als morphologische Einheit hervortritt. Die Hüllenzellen verlieren in der Länge der Zeit den Inhalt, der durch die Luft ersetzt wird, und wenn dies geschehen ist, wird die äussere Sporenschicht zu einem Schwimmapparat. Die Sporenhaufen keimen im Wasser tilletiaartig aus[2]); sie erzeugen aus den einzelnen Sporenzellen eines Haufens Hemibasidien, an deren Spitzen köpfchenartig eine Anzahl von Conidien erzeugt wird, welche ihre Sprossung direct fortsetzen und bei der Ernährung in Nährlösung und auch in Wasser, welches an organischen Substanzen nicht allzuarm ist, reiche Sprossconidien von fadenförmiger Gestalt ausbilden. Die Conidien werden in grossen Massen gebildet; sie trennen sich aus den fadenförmigen Sprossverbänden in einzelne Glieder, welche sich im Wasser vertheilen und die Sprossung auch an der Oberfläche fortsetzen können. Die Conidien gelangen unvermeidlich an die jugendlichen Blätter, welche sich noch unter Wasser befinden, dringen unter Wasser oder an der Oberfläche des Wassers in

[1]) Zu vergl. die Tafeln des V. und XII. Bandes.
[2]) Siehe XII. Band dieses Werkes Tafel XII.

die Blätter ein, und erzeugen erst weiterhin, wenn diese Blätter vollkommen ausgebildet und weit aus dem Wasser hervorgetreten sind, die charakteristischen bleichen Stellen, welche die Doassansialager in den Blättern verraten. Es ist auch denkbar, dass die Doassansiaconidien auf die entwickelten Blätter, die sich bereits in der Luft befinden, gelangen, es ist aber nicht wahrscheinlich, dass sie noch in die bereits ausgebildeten und erhärteten Gewebe der Blätter eindringen können. Das Eindringen ist vielmehr beschränkt, wie bei allen Formen der Brandpilze, auf die jugendlichen Gewebe der inficirbaren Pflanzentheile und dies sind die jugendlichen und unentwickelten Blätter, welche sich bei Sagittaria und Alisma noch unter Wasser befinden.

Wir können sagen, dass die Infection hier mit Hilfe des Wassers geschieht, da sie ausserhalb des Wassers in den ausgebildeten Geweben des Blattes mindestens sehr beschränkt, vielleicht auch garnicht eintritt. Es soll hier über die kurzen Andeutungen der bemerkenswerthen Infection bei den Nährpflanzen der Doassansien nicht hinausgegangen werden, um den weiteren Ergebnissen der Untersuchungen nicht vorzugreifen. Auch für die Wasserpflanzen bewohnenden Brandpilzformen, für die Ustilago longissima, welche in den Blättern von Poa aquatica die Brandlager erzeugt, und ebenso für die Ustilago grandis, welche in Brachwässern an den Achsen von Phragmites communis vorkommt, ist es wahrscheinlich, dass die Infection an den Keimlingen des Saatgutes in wässrigen Medien erfolgt, und dass die Infectionskeime von den austreibenden Brandsporen durch das Wasser vertheilt an die jungen Keimlinge gelangen, um diese zu befallen. Die Brandsporen keimen hier in beiden Fällen mit Hemibasidien aus, die ihrer Formbildung nach noch nicht bestimmt geworden sind, und deren Conidien immer wieder zu neuen Hemibasidien auswachsen. Diese Hemibasidien werden in schmutzigem Wasser, in welchem organische Substanzen zur Ernährung sich vorfinden, mit der grössten Leichtigkeit vermehrt und hier mit den Keimlingen des Saatgutes in natürliche Verbindung gebracht. Eine andere Art der Infection, als die hier angedeutete, ist bei diesen Nährpflanzen kaum anzunehmen. Es finden sich demnach die 3 Bestäubungsformen, durch Wind, Insecten und Wasser, wie sie für den Pollen der Blüthen bei phanerogamen Pflanzen nachgewiesen sind, hier bei den Infectionsformen der Brandpilze wieder. Es ist bemerkenswert, dass drei so wichtige Infectionsformen für die Aetiologie der Brandkrankheiten ganz ausser Acht gelassen und darum völlig unbekannt geblieben sind.

Die Infection der Maispflanze.

Es erübrigt jetzt noch, die Ergebnisse der Untersuchungen anzuschliessen, welche über den Maisbrand und über den Brand der Mohrenhirse nach den früheren Veröffentlichungen im XI. Theile dieses Werkes gewonnen sind.

Bezüglich der Aetiologie des Maisbrandes haben die jährlichen Wiederholungen der Infection immer nur eine Bestätigung der früheren Resultate ergeben. Die Thatsache, dass hier alle genug jungen Pflanzentheile den Infectionskeimen von aussen zugänglich sind, und dass der Brand sich auf die inficirten Stellen streng lokalisirt, wird durch den interessanten kleinen Erfolg noch bestätigt, dass sogar die Narben der weiblichen Blüthenkolben, wenn sie jugendlich genug mit den Conidien des Maisbrandes inficirt sind, nachträglich Branderscheinungen aufweisen können. Die Narben nehmen ein rosenkranzförmiges, von den angeschwollenen beuligen Stellen verbogenes Ansehen an und reifen zu je kleinen Brandlagern heran, welche vollständig reife Brandsporen ausbilden. Ein solches Narbenbündel, durch den Beulenbrand deformirt, bietet ein höchst interessantes, bemerkenswertes Bild dar, welches einer Darstellung nicht bedürftig ist, da hier die Vorstellung ausreicht. Natürlich sind ältere Narbentheile nicht mehr inficirbar. Man kann höchstens noch das Eindringen der Keimfäden der Conidien beobachten; eine infectiöse Wirkung, die immer schon nach 14 Tagen bis 3 Wochen zu reifen Brandlagern führt, ist hier nicht mehr zu beobachten. Des Weiteren sind für die Infectionsversuche die verschiedensten Maisformen herangezogen worden, namentlich auch die grosse Form des Pferdezahnmais. Bei diesem gelingen die Infectionen weniger leicht, weil die genug jungen Gewebe in dem engeren Zusammenschluss der Blätter über der Vegetationsspitze von aussen schwerer zugänglich sind, und weil im gleichen Verhältniss auch die jungen weiblichen Blüthenkolben nach aussen durch Zusammenschluss der Hüllblätter fester verdeckt sind, als dies bei den kleineren Maisformen der Fall ist. Erweitert man die Zugänge von oben zu den weiblichen Kolben und führt man die Infectionsflüssigkeit mit den Conidien ein, so zeigen sich keine Unterschiede gegenüber den kleineren Maissorten; es treten dann die gleichen früher beschriebenen Branderscheinungen auch hier ein. Es wurde nun schon ausgeführt, dass eine Infection der jungen Keimpflanzen zu den grössten Seltenheiten gehört. Es werden alle genug jungen Stellen der entwickelten Pflanze befallen, welche den Infectionskeimen von aussen zugänglich sind.

Es handelt sich jetzt nur noch um die Beweise, wie in der Natur diese Infection natürlich stattfindet. Sie geht, wie schon früher angegeben, nicht von den Brandsporen direct aus. Diese Brandsporen, welche nicht in Wasser, aber in Nährläsung zu jeder Zeit keimfähig sind, erzeugen auf saprophytischen Substraten, also in humösen und namentlich auch auf gedüngtem Boden, Conidiensprossungen. Diese gehen sehr bald zur Bildung von Luftconidien über,[1] die durch die Luft vertrieben, anf die Maispflanzen verweht werden und die Beulenkrankheit erzeugen.

Der experimentelle Beweis, dass von saprophytischen Infectionsheerden mit Maisbrandsporen, welche fern von den inficirbaren Maisquartieren angelegt sind, die Infectionen der Nährpflanzen wirklich herbeigeführt wird, ist bei den früheren Versuchen noch nicht geführt worden. Die Versuche nach dieser Richtung sind seit dieser Zeit ausgeführt und durch jährliche Wiederholung ergänzt worden. Es wurde zunächst bei Quartieren mit jungen Maispflanzen, welche das Scheideblatt 3—5 cm weit durchstossen hatten, welche also in den jungen Keimlingen vollständig immun geworden sind, Aussaten von Brandsporen in der Weise bewirkt, dass diese mit guter Humuserde gemischt zwischen den Versuchspflanzen vorsichtig eingesiebt wurden. Es wurde dann eine dünne Schicht von Pferdemist aufgetragen und die Oberfläche mit einer geeigneten Harke eine Zeit lang so bearbeitet, dass eine Einmischung des Düngers in den Boden gleichmässig erreicht war. In diesem Zustande wurden die Quartiere sich selbst überlassen und weiter beobachtet. Es zeigte sich, dass in allen Fällen, wo der Boden genügend inficirt, und der Feuchtigkeitsgehalt durch Regen oder Ansprühen in kurzen Intervallen künstlich regulirt wurde, schon nach wenigen Wochen Branderscheinungen bei den Pflanzen auftraten, die sich in der anschliessenden Zeit bedeutend vermehrten. Es kehrten alle die Branderscheinungen wieder, in den Blättern, an den männlichen Blüthen, an den Achsen, an den adventiven Wurzeln und nachträglich auch an den weiblichen Blüthenkolben, wie sie früher beschrieben wurden.[2] Es wurden nun die Infectionsstätten in der gleichen Weise, wie sie vorher beschrieben sind, in schrittweiser Entfernung von den Maisquartieren so angelegt, dass die auf dem Boden gebildeten Luftconidien durch die vorherrschende Windrichtung

[1]) Man vergl. hierzu die Abbild. der Hefeconidien und Luftconidien, sowie die Formen ihrer Bildungen auf Tafel IV im V. Heft.

[2]) Siehe Tafel III—V im XI. Hefte.

auf die Maispflanzen weiter verweht werden mussten. Es zeigte sich, dass auch hier die Infection durch die Luftconidien reichlich eintrat, dass sie aber mit zunehmender Entfernung der Infectionsheerde von den Maisquartieren allmählich abnahm. Nach den gegebenen Raumverhältnissen konnte hier über eine weitere Entfernung als 20 m nicht verfügt werden. Es war aber in jedem Falle sicher festzustellen, dass eine Anzahl von Maispflanzen von den vom Winde verwehten Infectionskeimen erreicht und brandig wurden. Die leichte Verbreitbarkeit der sehr kleinen Luftconidien durch die Luft setzt der natürlichen Infection keine Grenzen. Nur werden die Resultate über eine gewisse Entfernung hinaus eingeschränktere; es traten nur mehr vereinzelte Erkrankungen ein. Gewiss ist die Allverbreitung des Maisbrandes durch die Luftconidien ganz vorzugsweise oder allein begünstigt. Wenn dies zutrifft, so ist eine Bekämpfung des Beulenbrandes nur dadurch zu erreichen, dass man die brandigen Pflanzen verbrennt, ehe sie ihre Brandsporen auf den Boden gelangen lassen. Denn vom Boden aus gehen immer die Infectionen des Beulenbrandes vor sich, und die von brandigen Pflanzen in den Boden eingeführten Sporen sind nachträglich die natürlichen Infectionsheerde für die Verbreitung der Krankheit.

Es ist nun weiter der Versuch nicht ausser Acht gelassen, von Maiskolben, die nur in den oberen Fruchtständen vom Beulenbrande befallen waren, die gesund gebliebenen Körner zu sammeln und auszusäen. Es zeigte sich, was vorauszusehen war, dass aus diesen Körnern, die vorher gebeizt wurden, ganz gesunde Pflanzen hervorgingen, und dass im Innern der Körner vegetative Zustände des Pilzes nicht vorhanden waren. Natürlich kann auch von dem Saatgute des Mais, wenn es von brandigen Feldern entnommen ist, durch die äusserlich anhaftenden Sporen der Brand übertragen werden. Die Sporen gelangen in den Boden, und wenn sie auch die jungen Maispflanzen nicht befallen können, werden sie zu Infectionsheerden, die vom Boden aus durch saprophytische Ernährung und durch Erzeugung von Luftconidien die erneute Infection herbeiführen können. Es ist deshalb räthlich, unreines Saatgut von Mais zu beizen, um die äusserlich anhaftenden Brandsporen hierdurch zu vernichten.

Ziehen wir nun in Erwägung, dass die Luftconidien des Maisbrandes die Infection an den entwickelten Nährpflanzen ausführen, und allein ausführen, dass diese durch den Wind in die freien Oeffnungen und Ritzen der Nährpflanzen hineingetrieben werden und die dort befindlichen jugendlichen Stellen befallen und brandig machen, so wird es uns von selbst klar, dass diejenigen Maispflanzen,

welche ihre jungen infectionsfähigen Gewebe nach aussen fest durch die umhüllenden Blätter abschliessen, zugleich auch am widerstandsfähigsten gegen den Beulenbrand sein müssen. Dies sind die grossen Formen, zu welchen namentlich der Pferdezahnmais gehört. Ebenso muss es von selbst einleuchten, dass die zumeist kleineren Maissorten, bei welchen sich über der Vegetationsspitze die Blätter zu einer Tüte öffnen, und bei welchen auch die weiblichen Kolben von ihren Hüllblättern weniger geschützt sind, eine auffällige Empfänglichkeit für den Beulenbrand aufweisen. Ganz zufällig sind die früher beschriebenen und im XI. Theile[1]) dieses Werkes mitgetheilten Versuche mit einer kleineren Maisform gemacht worden, welche sich für die Infectionsversuche ganz besonders eignete. Erst die weiteren vergleichenden Versuche mit den anderen Maissorten zeigten deutlich, wie diese durch die erwähnten Nebenumstände gegen das Einwehen der Infectionskeime mehr geschützt sind, und wie es ganz natürlich erscheinen muss, dass man bei diesen den Beulenbrand nur selten antreffen kann.

Die Infection der Mohrenhirse.

Gehen wir nun zu dem Brande der Mohrenhirse über, zur Ustilago sorghi (cruenta), so haben wir hier das veränderte Krankheitsbild von Nährpflanzen, welche ausschliesslich und allein in den Blüthenständen die Brandlager ausbilden. Die Infection findet hier ganz unzweifelhaft und vorzugsweise an den Keimlingen des jungen Saatgutes statt, wenn auch die Brandlager erst in der entwickelten Pflanze, in den Blüthenrispen zur Erscheinung kommen. Es wurde bei den früheren Versuchen, wenn die Infectionen bei genug jungen Keimlingen ausgeführt waren, bis 70 pCt. an brandigen Pflanzen erzielt. In den weiteren Versuchen wiederholten sich die Resultate annähernd in der gleichen Weise.[2]) Es wurde aber schon früher angenommen, dass inficirte Pflanzen die Brandlager nicht zur Entwicklung bringen, wenn sie durch zu schnelle Entwicklung den Brandkeimen entwachsen, so dass sie dann die Vegetationsspitze nicht mehr erreichen können. Es konnte aber in allen Fällen bei diesen Pflanzen die stattgehabte Infection dadurch nachgewiesen werden, dass sich in den Knoten der Halme, und hier in

[1]) Tafel 3—5.
[2]) Vergl. den Text des XI. Heftes S. 43—51.

den Parenchymzellen Pilzmycelien zeigten, die zurückgeblieben waren, ohne die Vegetationsspitze zu erreichen und zur Bildung von Brandlagern überzugehen.[1])

Um die stattgehabte Infection nun thatsächlich nachzuweisen, wurden diese Pflanzen, sobald sich die Rispe an der Spitze gesund zeigte, in zweidrittel Höhe der Achse abgeschnitten. Hierdurch wird die Bildung von achsillären Sprossen veranlasst, und diese Bildung geht, wie dies schon früher im 11. Hefte beschrieben ist, an den Stellen vor sich, in denen sich Mycelien in den Paenchymzellen der Knoten eingeschlossen vorfinden. Durch die neue Anlage der Gewebe für die achsillären Sprosse werden die Paenchymzellen in Mitleidenschaft gezogen, welche die Mycelien beherbergen. Die letzteren können jetzt durch die jungen Gewebe vordringen und die Vegetationsspitze erreichen. Es zeigt sich nun, dass im Einklange mit den schon früher mit anderen Pflanzen ausgeführten Versuchen die achsillären Sprosse brandig wurden. Man kann also den Brand wie durch einen Zauberschnitt an scheinbar gesunden Pflanzen zur Entwicklung fördern, wenn man den apicalen, gesunden Blüthenstand früh genug entfernt und hierdurch die Möglichkeit einer achsillären Sprossbildung veranlasst. Diese tritt sonst bei Sorghumpflanzen in unseren Klimaten selten auf, wenn sie nicht künstlich herbeigeführt wird. Das kann aber hier mit dem Erfolge geschehen, dass die stattgehabte Brandinfection nachträglich in den brandigen achsillären Sprossen nachgewiesen wird. Aber noch nach einer anderen Seite sind diese früheren Versuche einer Steigerung fähig. Wenn es richtig ist, dass die eingedrungenen Brandkeime durch zu schnelles Wachsthum der Nährpflanzen frustriren und dass hierdurch der Ausfall in der pCt.-Zahl der brandigen Pflanzen herbeigeführt wird, so entsteht die Frage, ob man diese zu schnelle Entwicklung der Nährpflanzen nicht einschränken kann. Dies ist nun in der Art auf das leichteste möglich, dass man nicht vorjähriges, sondern älteres Saatgut verwendet, dessen Körner in der Energie der Keimung mit zunehmendem Alter mehr oder minder abgeschwächt sind. Die durch verlangsamte Keimung in der Entwicklung retardirten jungen Keimlinge sind nun das vorzüglichste Material für weitere Infectionsversuche an jungen Keimlingen. Diese Infection wurde durch Anblasen von Brandsporen, welche einen Tag in Nährlösung gestanden hatten, und welche hierdurch auf unmittelbare Keimung gestimmt waren, mit Hülfe des Pulverisators ausgeführt. Es zeigte sich im Herbst, dass jetzt eine Totalinfection der Nähr-

---

[1]) **Vergl. Fig. 7 der Tafel I im XI. Hefte.**

pflanzen eingetreten war.[1]) Leider kann ein solches total befallenes Versuchsfeld von der Mohrenhirse nicht photographirt werden, weil die brandigen Pflanzen sich nach den angestellten Versuchen nicht genugsam in der Photographie als brandig abheben. Aber die Vorstellung reicht aus, sich ein klares Bild von der höchst frappanten Erscheinung zu machen.

Es handelt sich nun weiter um die Frage, ob beim Brande der Mohrenhirse nicht auch eine Infection in den Blüthen eintritt. Man findet Blüthenstände, die total inficirt sind. Dies sind gewöhnlich die zuerst auftretenden. Dann folgen andere, welche nur eine theilweise Infection zeigen, und bei welchen zwischen den brandigen sich normal aufblühende mit Staubfäden und Fruchtknoten versehene Blüten vorfinden. Der Sorghumbrand ist nicht so staubig wie der Flugbrand, aber man kann ihn in einen theilweise befallenen oder ganz gesunden Blüthenstand mit Leichtigkeit einblasen. Leider ergaben nun diese Versuche darum keine entscheidenden Resultate, weil die Mohrenhirse in unseren Klimaten nur in besonders günstigen Vegetationsjahren vereinzelt ausreift und nur selten reife Körner bildet. Es lässt sich also nicht sicher entscheiden, wie weit hier eine Infection in den Blüthen erfolgt. Nur in einem Falle konnten gesunde Körner aus theilweise brandigen Rispen, bei welchen ein Einblasen der Brandsporen zu Hülfe genommen wurde, eingesammelt werden. Aus diesen Körnern sind aber gesunde Pflanzen hervorgegangen.

Die Infection der Rispen- und der Kolbenhirse.

Neben den beiden Versuchspflanzen des Mais und der Mohrenhirse mit ihren zugehörigen Brandformen sind nun schon vor 10 Jahren zwei weitere Versuchsobjecte zur Ergänzung herangezogen, die sich für die Infectionszwecke ganz besonders gut eignen. Es sind dies einmal die Rispenhirse mit der Ustilago Panici miliacei (U. destruens) und dann die Kolbenhirse mit der Ustilago Crameri (U. Setariae).

---

[1]) Die hier erreichte totale Infectiou gab die Veranlassung, die Versuche in derselben Art mit verschieden altem Saatgut auch beim Weizen und bei der Gerste auszuführen. Wie aus der Uebersicht der ausgeführten Infectionsversuche auf den Seiten 33—39 zu ersehen ist, waren aber hier die Versuche erfolglos.

Bei der Rispenhirse ist das Auftreten des Brandes in seiner äusseren Erscheinung ganz besonders charakteristisch. Es wird bei den befallenen Pflanzen der sonst lang ausgezogene rispenartige Blüthenstand auf das Möglichste verkürzt und die Summe der befallenen, einzelnen Blüthen zu einer Brandgalle vereinigt, welche von Hüllblättern umschlossen wird, die von steril gebliebenen Mycelfäden eine vollständige Pilzpseudomorphose erfahren haben und eine blendend weisse Hülle um die dichte Masse des Brandlagers bilden. Die Brandgallen sitzen versenkt in die unveränderten grünen Blätter der oberen Achse und treten nur wenig frei nach aussen. Die befallenen Pflanzen machen gegenüber den gesunden mit langgestreckter, langausgebildeter Blüthenrispe einen so gänzlich veränderten Eindruck, dass sie schon aus weiter Ferne in einem Felde erkannt werden können. Die schwarzen Sporenlager im Innern der Galle verstäuben nicht. Sie sind aber in Nährlösung und Wasser leicht keimfähig und erzeugen vierzellige Hemibasidien, bei welchen die Conidienbildung bald in geringerer, bald in grösserer Menge eintritt.[1]) Die Conidien wachsen sehr schnell zu Keimschläuchen aus und bilden in dünnen Nährlösungen kleine Mycelien, an deren Fäden die Bildung von Luftconidien beobachtet werden konnte. Die weiteren Einzelheiten finden sich in dem V. Theile dieses Werkes ausführlich dargelegt.

Die reifen und gesiebten, den Winter hindurch gut aufgehobenen Brandsporen geben, wenn sie auf der Centrifuge gereinigt sind, nach 24stündigem Aufenthalte in dünner Nährlösung und auch schon in Wasser ein unmittelbar angreifendes Infectionsmaterial. Man kann verfolgen, wie die Sporen schnell auskeimen und Hemibasidien mit Conidien bilden, die weiterhin zu Keimschläuchen auswachsen. Die Infection wurde an vorher ausgelegten Körnern von Panicum, an welchen eben die Keimlinge hervortraten, mit Hülfe des Pulverisators durch Anblasen vorgenommen und die Kulturen an einem mässig warmen Orte gegen das Licht verdeckt zurückgestellt. Dann wurden die Kulturen geöffnet, zunächst noch unter Schutz gehalten, um nach Ablauf von einigen Wochen in das Land ausgepflanzt zu werden. Von den inficirten Pflanzen wurden in den Versuchen von mehreren Jahren durchschnittlich 60—70 pCt. an brandigen Pflanzen geerntet. Man konnte den Ausfall an gesunden Pflanzen leicht dadurch erklären, dass die verhältnissmässig kleinen Keimlinge der Rispenhirse eine nur geringe Oberfläche für das Anblasen der Infectionskeime darboten. Es wurden

---

[1]) Siehe die Abbild. auf Tafel 7 im V. Hefte.

aber die früher bei der Mohrenhirse gemachten Erfahrungen auch hier eingesetzt, den Prozentsatz an brandigen Pflanzen durch eine verzögerte Entwicklung der Nährpflanze resp. der jungen Keimlinge zu erreichen. Es wurde das Saatgut von älteren Jahrgängen für die Versuche verwendet, und als sicher festgestellt war, dass hier ein langsameres Auskeimen erfolgt, wurde die Infection in der beschriebenen Weise mit Hülfe des Pulverisators ausgeführt. Es kamen die Variationen von Hirse mit schwarzen und mit weissen Körnern in Verwendung. Das Resultat, welches sich in den nächsten Jahren gleichblieb, war das denkbar günstigste, nämlich eine Totalinfection der sämmtlichen Versuchspflanzen. Um frappante und schöne Bilder von der Branderscheinung zu bekommen, eignet sich die Hirsenform mit den weissen Körnern am besten. Die Pflanzen erreichen die Höhe von mehr als vier Fuss und die Gallen brandiger Pflanzen die Grösse einer Wallnuss.

Für die Infection an den jungen Keimlingen ist kaum ein günstigeres Versuchsobject denkbar wie es hier in der Rispenhirse vorliegt. Es fragt sich aber, ob die Infection an den jungen Keimlingen allein stattfindet, oder ob auch eine Infection an den Blüthen erfolgen kann. Der Nachweis von Luftconidien bei dieser Form ist einer Infection der Nährpflanze in den Blüthen günstig. Die einzelnen Blüthen der Nährpflanzen sind aber so klein, dass hierdurch die Wahrscheinlichkeit einer Blütheninfection stark herabgemindert wird. Es kommt hinzu, dass die Brandgallen in den Versuchsfeldern nicht verstäuben und also nicht direkt auf den Boden gelangen können, so dass hierdurch eine unmittelbare Bildung von Luftconidien so gut wie verhindert wird. Es müsste dann schon die Infection von den Conidien der saprophytischen Ernährung ausgehen, welche sich aus in früherer Zeit verbreiteten Sporen an der Oberfläche des Bodens bilden können. Die Wahrscheinlichkeit, dass dies geschieht, ist keine grosse; grösser aber ist die andere Wahrscheinlichkeit, dass bei der Aussaat von Hirse im Freien die jungen Keimlinge des Saatgutes von Luftconidien erreicht werden. Praktische Versuche für die Infection der Blüthen hatten negativen Erfolg. Die Infection in den Blüthen ist hiernach aber keineswegs ausgeschlossen, wird jedoch auf ein geringes Maass herabgemindert.

Die Versuche mit Setaria italica mit den zugehörigen Brandformen hatten ungefähr denselben Erfolg, wie er vorher bei der Rispenhirse beschrieben ist. Man sieht hier in den befallenen, dichten, kolbigen Blüthenständen erst einen schwarzen Schimmer, wenn die reifen Fruchtknoten aufreissen und der Brand

nach aussen tritt. Die schwarzen Brandsporen verstäuben nicht; sie bleiben meist in den dichten Rispen der Kolbenhirse so eingeschlossen, dass man genau zusehen muss, um den Brand befallener Pflanzen zu erkennen. Der Fall tritt hier häufig ein, dass nur ein Theil der Blüthen einer Rispe befallen ist, und dass zwischen diesen brandfreie, normale Blüthen sich vorfinden. Die Brandsporen keimen hier ebenfalls mit vierzelligen Hemibasidien, an welchen häufig gar keine Conidien auftreten, die aber, wenn sie zur Erscheinung kommen, sehr bald zu Keimschläuchen auswachsen. Luftconidien sind in den Kulturen der Sporen nicht beobachtet worden. Die im Herbst rein gewonnenen Brandsporen keimten im Frühjahr namentlich in verdünnten Nährlösungen leicht und sicher aus. Sie kamen wiederum erst nach der Reinigung in der Centrifuge und nach eintägigem Aufenthalt in verdünnter Nährlösung zur Verwendung. Sie wurden an die vorbereiteten eben auskeimenden Pflänzchen von Setaria angeblasen, die Kulturen wie früher behandelt, und die inficirten Keimlinge, wenn sie eine ausreichende Höhe erlangt hatten, im Freien ausgepflanzt. Die Keimlinge sind ausserordentlich klein, so dass man vermuthen möchte, es hätte die Infection durch Anblasen von Sporen bei unseren Versuchspflanzen keinen Erfolg. Die Erfahrung lehrt uns aber das Gegentheil. Es wurden bis 70 pCt. an brandigen Pflanzen gewonnen, und es gelang auch hier wie bei Mohren- und Rispenhirse eine Totalinfection dadurch zu erreichen, dass etwas älteres und langsamer austreibendes Saatgut für die Infection in Verwendung kam.

Bei dem Mangel an verstäubbaren Sporen und bei dem weiteren Mangel an Luftconidien ist hier eine Blütheninfection von vornherein nicht wahrscheinlich. Nur der besondere Umstand könnte sie begünstigen, dass bei theilweiser Infection eines Blüthenkolbens gesunde Blüthen zwischen den brandigen, also in unmittelbarer Nähe von diesen, auftreten. Die hierdurch gegebene Möglichkeit einer Blütheninfection konnte leicht geprüft werden in der Weise, dass von theilweise brandigen Kolben das reife Saatgut geerntet und zur Aussaat im nächsten Frühjahr verwendet wurde. Es stellte sich bei diesen Versuchen heraus, dass keine brandigen Pflanzen zur Erscheinung kamen. Es ist nach diesem Befunde die Wahrscheinlichkeit einer Infection in den Blüthen jedenfalls nur eine sehr geringe, wenn sie überhaupt noch in Frage kommen kann.

Wir hatten bei den drei letztbehandelten Versuchspflanzen, bei der Mohrenhirse, bei der Riesenhirse und bei der Kolbenhirse, Formen und Nährpflanzen der Brandpilze, bei welchen die Infection der Keimlinge als die vor-

herrschende, wenn nicht als die alleinige Art der Infection brandiger Pflanzen anzusehen ist, während hier die Infection der Blüthen, wenn sie überhaupt stattfindet, auf ein geringes Maass eingeengt erscheint.

Für die Ausführung der Infection an den jungen Keimlingen hat sich das Anblasen der Infectionskeime mit dem Pulverisator ganz besonders bewährt, wenn die Vorsicht beobachtet wird, die Sporen auf der Centrifuge zu reinigen und durch eintägigen Aufenthalt in verdünnter Nährlösung auf unmittelbare Keimung zu stimmen.

Weitere Versuchspflanzeu sind bis dahin für unsere Untersuchungen und Infectionsversuche nicht herangezogen worden. Die ausserordentlich wichtigen Brandformen des Stinkbrandes beim Weizen und des Testabrandes der Gerste sind nicht ausser Acht geblieben; aber die Versuche konnten zunächst nur allgemein orientirende sein, weil es unmöglich ist, zu viele Versuche auf einmal zu leiten und zu überwachen, und weil es richtiger ist, die Ergebnisse der eingeleiteten Untersuchungen abzuwarten und sie für weitere Versuchsanstellungen aufklärend zu Hilfe zu nehmen.

Blütheninfectionen mit Stinkbrand beim Weizen und Testa-Brand bei der Gerste sind aber bereits im letzten Sommer eingeleitet worden, können aber erst in der nächsten Vegetationsperiode ein Resultat ergeben.

Schlussbetrachtung.

Aus der Gesammtheit der vorstehenden Versuche ergiebt sich der Nachweis, dass die bisherige Annahme einer erfolgreichen, auf den Keimling allein beschränkten Infection der Brandpilze keine allseitig zutreffende mehr ist. Es bestehen neben der Infection der jungen Keimlinge noch andere Infectionsformen, welche bisher ausser Acht geblieben sind.

Wir können im allgemeinen aussagen, dass nur die jüngsten Gewebeanlagen der Nährpflanze es sind, welche von den Infectionskeimen angegriffen werden. Für ältere Pflanzentheile mit erhärteten Geweben haben die Keime der Brandpilze keine Angriffskräfte mehr.

Die Versuche bei der Infection des Maisbrandes zeigen deutlich, dass hier die grossen Nährpflanzen im Laufe ihrer Entwicklung und Ausgestaltung an den verschiedenen Stellen die jüngsten Anlagen von Geweben den Angriffen der Infectionskeime des Maisbrandes aussetzen. Diese Angriffsstellen dauern fort bis zu der Anlage der weiblichen Blüthenkolben, welche erst nach vollständiger Ausgestaltung der Pflanze einzutreten pflegt. Es sind bei dem Mais die jungen Blätter an der Vegetationsspitze, die männlichen Blüthenstände und die jungen Achsen von den eingewehten Infectionskeimen erreichbar, und ebenso erfolgt auch die Infection an den weiblichen Blüthenkolben und an den adventiven Wurzeln am Grunde der Nährpflanze. Die stattgehabte Infection ist hier leicht und sicher festzustellen und die Branderscheinung tritt schon nach Ablauf von etwa 3 Wochen ein. Der Brand bleibt localisirt auf die einzelnen Stellen, an welchen die Infection erfolgt ist; und diese tritt unabhängig ein an allen den genannten, für die Brandkeime empfänglichen, inficirbaren Stellen.

Bei den übrigen Brandformen, die auf unserem Getreide vorkommen, liegt die Sache wesentlich anders. Die Krankheitserscheinung kommt nicht an den Stellen zur Entwicklung, an welchen die Infection eingetreten ist. Die Wirkung der Infection zeigt sich erst nach langer Inkubationsdauer, nach Monaten, mit der Entfaltung der Blüthenstände. Nur in den Blüthenständen ist die alleinige Stätte für die Ausbildung der Brandlager gegeben, und diese Blüthenstände liegen an dem entgegengesetzten Ende der Nährpflanze, welche schon in den ersten Keimstadien von den Pilzkeimen befallen ist. Die Nährpflanzen sind während der ganzen Dauer ihres Lebens nach aussen hin von ausgebildeten und erhärteten Geweben umgeben, in welche die Infectionskeime nicht einzudringen vermögen. Die Nährpflanzen bieten nur ein einziges Mal und zwar im Beginne ihrer Entwicklung junge Gewebe äusserlich den Infectionskeimen dar. Es sind dies die ersten Keimstadien des jungen Saatgutes, an welchen die Infection im Boden erfolgen muss, wenn nachträglich brandige Pflanzen entstehen sollen. Diese Thatsachen entsprechen durchaus der früheren und älteren Meinung, dass die Infection der Brandpilze an dem jungen Saatgute erfolgt. Es geschieht dies unzweifelhaft, aber man hat bei dieser Beurtheilung ausser Acht gelassen, dass die Nährpflanzen, wenn sie zum Blühen gereift sind, ein zweites Mal junge und angreifbare Gewebe in ihren Fruchtknoten mit ihren Narben den Infectionskeimen darbieten, und dass ebenso gut wie die Infection der jungen Keimlinge im Boden

stattfindet, auch eine Infection an den Theilen der weiblichen Blüthenanlagen erfolgen kann.

Es ist nun durch unsere Untersuchungen der sichere Nachweis erbracht, dass diese Infection an den Blüthen wirklich stattfindet, dass durch Wind und Insecten der Brandstaub von brandigen Individuen auf gesunde Pflanzen übertragen wird.

Dieser so naheliegende Vorgang der Infection in den Blüthen ist bisher dadurch verdeckt und der Erkenntniss entzogen worden, dass der Brand in den inficirten Blüthen nicht in demselben Jahre mit der Reife des Getreides eintritt, dass die eingedrungenen Infectionskeime im Samen vielmehr latent bleiben und erst im folgenden Jahre mit der Auskeimung des Saatgutes in den ausgereiften und blühenden Pflanzen zur Entwicklung gelangen. Die Blütheninfection, die schon an den weiblichen Kolben des Mais sicher nachgewiesen werden konnte, tritt also auch hier aber mit der Variation ein, dass die Incubationsdauer bis zum Ausbruch der Krankheitserscheinung, also bis zur Ausbildung des Sporenlagers eine erheblich längere ist, dass sie nicht drei Wochen umfasst, sondern erst im folgenden zweiten Jahre nach der stattgehabten Infection ihren Abschluss erreicht. In dieser bemerkenswerthen Thatsache liegt das Eigenartige bei der jetzt festgestellten Blüthen-Infection unserer Getreidearten.

Wir haben demnach mit zwei von einander unabhängigen Infectionsstellen, einmal in den jungen Keimlingen, das andere Mal in den Blüthen, für das Auftreten der Brandkrankheiten bei unseren Getreideformen zu rechnen und zu erwägen, dass in den einzelnen Fällen beide Infectionsformen zugleich oder bald nur die eine, bald die andere die vorherrschend wirksame sein kann. Für die Beurtheilung der natürlichen Verbreitung der Brandpilze und der Brandkrankheiten sind diese neu aufgeklärten Thatsachen von entscheidendem Werthe.

Es ist aber in den hier dargelegten Einzelheiten nur die Entwicklung der Parasiten innerhalb ihrer Nährpflanzen berücksichtigt worden, die verschiedenen Formen wie die Infectionen stattfinden und wie aus den ein-

gedrungenen Infectionskeimen die weitere Entwicklung der Brandpilze und der Krankheitserscheinung bis zur Ausbildung der Brandlager sich ableitet.

Es ist nun aber durch die früheren Untersuchungen und Kulturen, welche im V., XI, und XII. Theile dieses Werkes niedergelegt sind, der Nachweis erbracht, dass die Brandpilze nicht bloss in den Nährpflanzen leben können, sondern dass sie auch ausserhalb der Nährpflanzen auf saprophytischen Substraten vorkommen und hier in anderen und neuen Formen zur Ausbildung gelangen, welche innerhalb der Nährpflanzen nicht beobachtet worden sind. Die Brandpilze, wiewohl sie als Parasiten in ihren Nährpflanzen die vollendetste Anpassung an ihre Wirthe zeigen, welche bei Parasiten überhaupt nur in der Natur zu beobachten ist, sind gleichwohl keine specifischen, sondern nur facultative Parasiten. Sie vermögen ausserhalb der Nährpflanze in allen möglichen Substraten, welche in der Natur vorkommen können, zu leben und zu gedeihen. Es erfolgt in diesen Nährsubstraten eine schnelle und lebhafte Entwicklung der Brandpilze und namentlich eine ausserordentlich reiche Vermehrung der Keime. Die Brandpilze leben in der Natur ausserhalb der Nährpflanze ganz genau so wie andere saprophytische Pilze es tun, und ihre Vermehrung muss ganz besonders dort erfolgen, wo Nährsubstrate in humusreichem und gedüngtem Boden sich vorfinden. Hier erfolgt die saprophytische Entwicklung und auch die Vermehrung der Keime und von diesen Stätten aus kann, wie beim Maisbrande, welcher Luftconidien ausbildet, ein Vertrieb der Infectionskeime auf die empfänglichen Stellen benachbarter Nährpflanzen eintreten. In anderen Fällen, wo Luftconidien fehlen, werden die im Boden entwickelten und vermehrten Keime der Brandpilze die jungen Keimlinge befallen und die Branderscheinungen herbeiführen.

Weitere Nährsubstrate unabhängig vom Boden für die Entwicklung der Brandpilze finden sich in den Narbensekreten und in dem Nektar von insectenblüthigen Pflanzen, und in allen solchen Fällen lässt sich die saprophytische Ernährung der Brandkeime, welche an solchen Stellen eingeführt werden, mit Sicherheit nachweisen.

Nach den früheren Auffassungen war man für eine Infection auf die unmittelbaren Keimprodukte der Brandsporen, also so zu sagen auf diese selbst allein angewiesen. Von den Brandsporen mit ihren schwächlichen Keimlingen nahm man an, dass sie die Keimlinge des Saatgutes inficirten, und dass aus diesen Infectionen

brandige Pflanzen in unseren Getreidefeldern hervorgingen. Diese Vorstellung, so kurz und bequem sie für die Erklärung der Brandinfection war, ist nun ergänzt worden durch den Nachweis einer weitgehenden Verbreitung und Vermehrung der Brandkeime in saprophytischen Substraten ausserhalb der Nährpflanzen. Erst durch diese Feststellungen ist die Art, wie der Vertrieb der Infektionskeime stattfindet, zu einem klaren und sicheren Verständnisse gefördert worden, und die natürliche Infection und Verbreitung der Brandkeime, wie wir sie allgemein in der Natur beobachten, verständlich geworden. Der biologische Abschnitt mit der Entwicklung der Brandpilze auf saprophytischen Substraten ausserhalb der Nährpflanzen bildet nach unserer jetzigen Erkenntnis die ergänzende Hälfte zu dem Abschnitte der Entwicklung, der sich in den Nährpflanzen abspielt. Beide Hälften vereinigen sich jetzt zu einem harmonischen Ganzen, und nichts kann diese harmonische Vereinigung noch weiter und schärfer charakterisiren, als die Thatsache, dass z. B. bei den Formen der Gattung Ustilago in der Zeit des parasitischen Lebens in den Nährpflanzen nur die Chlamydosporenfruchtform, die typischen Brandsporen, zur Ausbildung kommen, dass aber während der Dauer der saprophytischen Ernährung die Conidienfruchtformen allein in die Erscheinung treten. Für diesen strengen Wechsel in der Ausbildung der Fruchtformen, welche hier nicht wie bei den Uredineen nach zwei verschiedenen Wirten, sondern nach saprophytischer und parasitischer Ernährung erfolgt, können wir vorläufig keine andere Erklärung einsetzen, als den Einfluss, den hier einmal das lebendige, das andere Mal das todte Substrat auf die Entwicklung unserer Pilze ausübt. Wie sollte es möglich sein nach den früheren Auffassungen und nach den früheren Kenntnissen, die nicht einmal bis zur Keimung der Brandsporen geführt hatten, die Erscheinungen bei dem Maisbrande zu erklären und richtig zu verstehen, wenn nicht der saprophytisch sich abspielende Abschnitt der Entwicklung der Brandpilze die natürliche Erklärung für alle Einzelheiten abgäbe. Es ist kaum möglich, ein vollendeteres und schöneres Bild von der auffälligsten Krankheitserscheinung im ganzen Bereiche der Infectionskrankheiten überhaupt aufzufinden wie es hier jetzt in der Aetiologie

des Maisbrandes ohne jede Unklarheit vor uns liegt. Und nicht minder klar ist das Verständnis geworden für unsere Getreide bewohnenden Brandformen, welche durch saprophytische Ernährung ihre Infectionskeime in dem Boden und namentlich in gedüngtem Boden in einer Art vermehren, welche erst die Infection an dem Keimlinge verständlich macht und die Bedeutung des Düngers für das Auftreten der Brandkrankheiten im Getreide, wie die Landwirthe stets betont haben, in dem richtigen Lichte erscheinen lässt.

Gewiss nicht minder überzeugend und klar sind aber endlich die Erscheinungen bei der Blütheninfection, bei welchen die Brandkeime an den Narbensekreten und in den Nektarausscheidungen die Nährsubstrate vorfinden, welche für ihre Keimung, Entwicklung und Vermehrung der Infektionskeime so günstig wie möglich sind.

Es hat lange gedauert, bis es in einem Zeitraume von mehr als 20 Jahren möglich geworden ist, die hier dargelegten Aufklärungen über die Biologie der Brandpilze, über ihre Infection, über die Krankheitserscheinungen und über die natürliche Verbreitung der Brandpilze auf saprophytischen Substraten zu erhalten. Es war in den einzelnen Fällen nicht leicht, die richtigen Wege zu finden, welche hier zum Ziele führten.

Es muss aber hier bemerkt werden, dass der Abschluss der neuen Untersuchungen, so erfolgreich sie sich in den angeführten Fällen schon erwiesen haben, gleichwohl noch keineswegs allseitig erreicht ist, und dass noch viele Einzeluntersuchungen ausgeführt werden müssen, um all' die Resultate zu erreichen, welche nach der jetzt gewonnenen Erkenntnis möglich geworden sind. Die Untersuchungen sind ebenso schwierige wie mühevolle und namentlich die Infectionsversuche stossen auf Hindernisse in der Ausführung und in der Durchführung, die man sich im Voraus kaum vorstellt.

Es ist das eigenartige dieser Untersuchungen über Infectionskrankheiten bei Pflanzen, dass sie in der einen Hälfte nur mit den Hülfsmitteln eines Institutes, in der anderen Hälfte aber nur mit Zuhülfenahme eines Versuchsfeldes ausgeführt werden können, auf welchem die Kultur der inficirten Pflanzen zu Ende geführt werden muss. Das harmonische Zusammenwirken dieser zwei Faktoren, das Bestellen des Versuchsfeldes und die Arbeiten und Vorarbeiten für diese Bestellung im Institute, ist ohne Störung nur dann möglich, wenn das Versuchsfeld und die Arbeitsräume des Institutes in möglichst naher und bequemer Verbindung zu einander stehen. Nur so ist es möglich, die Kulturen dauern zu

beobachten und die vielseitigen äusseren Störungen fern zu halten, denen sie im Laufe der Vegetationsperiode ausgesetzt sind.

Ein Haupthinderniss für den schnellen Fortgang der Untersuchungen und der Versuche nach dieser Richtung ist aber in dem Umstande gegeben, dass in der Zeitfrist einer Vegetationsperiode immer nur einmal Versuche gemacht werden können, deren Erfolge sich erst am Ende des Sommers ergeben. Wenn diese Versuche durch secundäre etc. Schädigungen gestört werden, oder wenn sie in ihrem Ausgange nur negative Resultate ergeben, ist immer ein ganzes Jahr verloren, bis die Erneuerung und die Ergänzung der Versuche durchgeführt werden kann. So sind oft für die Entscheidung einfacher Fragen mehrere Vegetationsperioden erforderlich und der Abschluss der Untersuchungen durch Abwickelung der zeitweise möglichen Fragestellung kann immer erst nach Jahren erreicht werden. Hierdurch wird es erklärlich, dass auch die hier mitgetheilten Untersuchungen in den günstigsten Fällen noch nicht absolut, sondern nur relativ abschliessende geworden sind. An manchen Stellen sind die Fragepunkte offen geblieben, wo die gewonnenen Ergebnisse der Kulturen noch keine genügend entscheidenden waren. Es werden noch Jahre vergehen müssen, bis man von allseitig abschliessenden Ergebnissen reden kann.

Erwägt man diese Sachlage und die besonderen Umstände, welche für die Versuche und ihre Ausführung in Betracht kommen, so wird man unwillkürlich zu dem Gedankenlaufe geführt, dass eine eigens getroffene Einrichtung für die Untersuchungen der Brandkrankheiten und ähnlicher Infectionskrankheiten hier am Platze wäre. Vergleicht man nur allein die Schäden, welche durch den Brand des Getreides jährlich herbeigeführt werden, mit den Ausgaben für eine Anstalt der angedeuteten Art, so würde dies kleine materielle Opfer gewiss nicht im Verhältnisse stehen zu den Vortheilen, welche durch die Aufklärungen über die natürliche Verbreitung der Brandkrankheiten und für ihre erfolgreiche Bekämpfung in Aussicht stehen. Aber hier handelt es sich nicht in erster Linie um die äusseren Hülfsmittel eines Institutes und eines Versuchsfeldes. Selbst wenn diese gegeben sind, aber für die Leitung eines solchen Institutes nicht eine Kraft verfügbar ist, welche sachverständig und mycologisch allseitig durchgebildet ist, dann kann ein günstiger Erfolg nicht erzielt werden.

Zur Stickstoffassimilation.[1])

Es ist bei der Blütheninfection des Flugbrandes der Gerste und des Weizens angeführt worden, dass es uns gelungen ist, Fruchtkörner zu ernten, welche nach ihrer Aussaat eine Totalinfection an allen Versuchspflanzen ergaben. Ebenso ist auch bei dem Brand der Mohrenhirse, der Rispenhirse und der Kolbenhirse eine Totalinfection aller Versuchspflanzen erreicht worden, wenn hier nur die Saatkeimlinge mit genügender Vorsicht durch den Pulverisator inficirt wurden. Wir verfügen demnach bei den hier genannten Nährpflanzen der Brandpilze über ein Ausgangsmaterial, welches mit voller Sicherheit zu der Ausbildung brandiger Pflanzen führt.

Es ist nun in diesem Material die Möglichkeit gegeben, eine physiologische Frage von besonderem Interesse, nämlich die Frage nach einer etwaigen Assimilation des freien Stickstoffs durch Fadenpilze, welche parasitisch in ihren Nährpflanzen leben, zur Entscheidung zu bringen. Diese Frage ist von Wichtigkeit geworden durch die vorzüglichen Untersuchungen von Hellriegel, welche den Beweis erbrachten, dass Lupinen und andere Leguminosen ohne gebundenen Stickstoff resp. Stickstoffverbindungen im Boden leben können und den freien Stickstoff der Atmosphäre zu assimiliren vermögen, wenn sie von parasitischen Pilzen bewohnt werden. Es ist Hellriegel gelungen, die genannten Leguminosen in reinem Glassand, der mit Mineralsalzen in Lösungen versehen und ohne gebundenen Stickstoff geblieben war, zur vollen Entwicklung zu bringen, wenn bestimmte Formen von Bakterien, Rhizobien, die Wurzeln der Nährpflanze befallen und hier knollenartige Anschwellungen herbeiführen konnten.

Die glücklichen Resultate aus den Culturen von Hellriegel haben nun die Frage nahe gelegt, ob nicht andere parasitisch lebende Pilze in ihren Nährpflanzen die gleiche Assimilation des freien Stickstoffs veranlassen können. Eine Reihe von Erscheinungen, z. B. Mycorhizen, die allgemein verbreitet auf den Wurzeln der verschiedensten Pflanzen vorkommen, waren einer Deutung in diesem Sinne günstig. Es sind auch Versuche mit vieljährigen, baumartigen Pflanzen angestellt worden, bei welchen man glaubte nachweisen zu können,

---

[1]) Eine vorläufige Mittheilung über diesen Gegenstand ist bereits in einem Vortrage in der Schles. Gesellschaft für vaterländische Cultur am 15. November 1900 veröffentlicht worden.

dass die an den Wurzeln lebenden Mycorhizen eine Assimilation des freien Stickstoffes veranlassen können. Das Versuchsmaterial in perennirenden, langsam wachsenden Pflanzen, die ungebundenen Stickstoff assimilieren sollen, ist aber für die Entscheidung unserer Frage nach der Assimilation des freien Stickstoffes nicht günstig. In der Länge der Zeit schleichen sich bei den Versuchen mit perennirenden Pflanzen unvermeidliche Fehlerquellen ein, welche für einen wissenschaftlich gesicherten Erfolg keine Gewähr bieten. Es können die Versuche dieser Art nur mit schnell wachsenden und grossen einjährigen Pflanzen erfolgreich ausgeführt werden, welche von den zugehörigen parasitischen Pilzen von dem Keime aus bis zu dem Endpunkte der Entwicklung durchwachsen werden und zu einer möglichst üppigen Entwicklung gelangen. Bei den Versuchsobjecten dieser Art ist die Voraussetzung, dass die saprophytisch lebenden Parasiten dieser Pflanzen nicht die geringste Schädigung veranlassen, und dass ein Verhältniss der Parasiten zu den Nährpflanzen besteht, wie wir es bei den Leguminosen mit ihren Rhizobien vorfinden. Versuchsobjecte der erforderlichen und gewünschten Art sind nun in geradezu idealer Ausbildung in unseren einjährigen grossen Getreideformen gegeben, welche von Brandpilzen befallen und bewohnt werden. In einer Vegetationsperiode erreicht eine Pflanze ihre volle Grösse und Ausgestaltung. Die Parasiten dringen in den ersten Keimanlagen in die Pflanze ein, wachsen mit ihrer Ausgestaltung in diesen fort, bis sie zumeist am Ende der Entwicklung in den Blüthen zur Bildung der Brandlager übergehen. Die Anpassung zwischen Parasit und Nährpflanze ist hier die möglichst ausgebildete. Von irgend einer Krankheitserscheinung ist im Laufe der ganzen Entwicklung der Nährpflanze bis zu ihrer vollen Ausbildung nichts zu sehen. Ja es wiederholen sich sogar die Erscheinungen stetig, dass die von den Pilzen befallenen Nährpflanzen sich schneller und üppiger entwickeln wie die gesunden, und dass die Brandlager schon in ihnen zur Erscheinung kommen, wenn eben die Blüthenstände bei gesunden Pflanzen hervorzutreten beginnen. Man wird unwillkürlich versucht zu glauben, dass der in den befallenen Nährpflanzen lebende Parasit auf schnelle und volle Entwicklung einen günstigen Einfluss ausüben könnte. Diese äusseren Umstände fordern gleichsam dazu heraus, diese Versuchspflanzen als Objecte zu wählen für die Entscheidung der Frage, ob die parasitisch in ihren Nährpflanzen lebenden Fadenpilze, hier speziell die Brandpilze, in Verbindung mit diesen den freien Stickstoff zu assimiliren vermögen und hierdurch eine üppigere Ernährung der Nährpflanze zu veranlassen im Stande sind.

Es war bis dahin nur ein Hinderniss gegeben, die vom Brande befallenen Nährpflanzen zu Versuchen der angedeuteten Art heranzuziehen, und dieses Hinderniss bestand in dem Umstande, dass man bei den Versuchen niemals sicher war, ob die Versuchspflanzen vom Brande befallen sind, und ob man auch wirklich mit brandigen Versuchsobjecten operirte, die doch allein eine Entscheidung der Frage herbeiführen konnten. Durch die fortschreitend verbesserte Methodik der Infection der Nährpflanze durch die Brandpilze ist dies Hinderniss nun überwunden. Es wurde möglich bei den verschiedenen Hirse-Formen, der Mohren-, Rispen- und Kolben-Hirse sicher inficirte Keimlinge zu den Versuchen heranzuziehen, und ebenso sicher ein aus den Blütheninfectionen gewonnenes Saatgut zu verwenden, welches erfahrungsgemäss nur brandige Pflanzen hervorbrachte.

Für die engeren Versuchsanstellungen war der natürliche Weg, wie ihn Hellriegel eingeschlagen hat, von selbst gegeben. Es wurde sterilisirter, vollständig reiner Glassand mit mineralischen Nährlösungen nach Hellriegel jedoch ohne Stickstoffverbindungen durchtränkt, und in Glashäfen eingefüllt, die im Boden mit Oeffnungen und einer Kiesüberdeckung zum Zwecke der Durchlüftung versehen waren. In diesem Substrate wurden nun zunächst die frisch inficirten Keimlinge von den drei Hirseformen, der Mohren-, Rispen- und Kolbenhirse in den einzelnen Töpfen zu drei bis fünf Exemplaren eingepflanzt. Die einzelnen Pflanzen wurden auf der Decimalwage beim Beginn der Versuche gewogen und der tägliche Verlust durch Verdunstung mit stickstofffreiem dest. Wasser ergänzt. Zum Vergleiche wurden Töpfe beschickt in der gleichen Art, wie die beschriebenen, nur mit einem entsprechenden Zusatze einer Stickstoffverbindung in der Form des Calciumnitrats. Hier wurden bei den parallelen Versuchen die gleiche Zahl von Versuchspflanzen resp. von Keimlingen in jeden Topf eingesetzt. Die Versuchspflanzen wurden nun zunächst unter Schutz im Vegetationshause aufgestellt und auf Rollwagen bei schönem Wetter ins Freie gefahren, um sie der directen Sonne auszusetzen. Fehlerquellen konnten sich nach der Art der Versuchsanstellung nicht einschleichen. Die eingepflanzten Keimlinge wuchsen in den beiden getrennten Versuchsreihen ohne alle Schwierigkeiten in dem Glassande an und zeigten in den nächsten acht Tagen kaum merkliche Unterschiede. Dann erst kam mit der Erschöpfung der Nährstoffe in den Keimlingen der Stickstoffmangel einerseits und die Wirkung der Stickstoffverbindung andererseits zur Geltung und zu immer auffälligerer Erscheinung.

In den weiteren vier Wochen zeigten die Töpfe ohne Stickstoffverbindungen in den jungen Pflanzen kaum noch einen Fortschritt, während die Pflanzen in den Töpfen mit Stickstoffverbindungen täglich üppiger sich ausgestalteten. Nach sechs Wochen war der Gegensatz ein möglichst grosser. Als ein weiterer Fortschritt in der Entwicklung der Zwergpflänzchen ohne Stickstoffverbindung nicht mehr zu beobachten war, wurde eine entsprechend geringe Menge von Stickstoffverbindungen in Lösungen dem Glassand zugeführt. Die Wirkung trat schon in den nächsten Tagen hervor. Die Pflänzchen entfalteten sich weiter und liessen nach Ablauf von beinahe drei Monaten nach ihrer, wenn auch zwerghaften Grösse, eine Blüthenbildung erkennen. Als letztere ausgebildet war, zeigte es sich, dass sämmtliche Versuchspflanzen, wie es vorausgesetzt werden konnte, brandig geworden waren. Auch in den vergleichenden Versuchsreihen, die reichlich mit Stickstoffmengen versehen waren, und bei welchen auch noch nachträglich Stickstoffverbindungen zugesetzt wurden, um die Pflanzen zur möglichsten Entwicklung zu fördern, standen in ihrer Grösse nicht weit zurück gegenüber den Pflanzen im freien Lande und zeigten mit der Entfaltung der Blüthenstände die üppigste Brandbildung in allen Individuen. Durch photographische Aufnahmen (von R. Scholz) sind die beiden parallelen Versuche der Zuckerhirse fixirt und in der Fig. 1 auf der Tafel 2 dieses Bandes wiedergegeben.

Der Ausfall der vergleichenden Versuche zeigt auf das schlagendste, dass die parasitisch lebenden Fadenpilze, im speciellen Falle hier die Brandpilze, eine Versorgung ihrer Nährpflanzen mit dem Stickstoffe der Luft nicht zu vermitteln vermögen. Sie bleiben ohne Stickstoffverbindung im Wachsthum bald stehen und nehmen erst die Wachsthumserscheinungen wieder auf, wenn weitere Stickstoffverbindungen zugesetzt werden. Aus den Vergleichen der Zwergpflanzen ohne Stickstoffverbindung zu den üppigen normalen Bildungen, welche mit Hilfe der Stickstoffverbindungen erreicht werden, geht schlagend hervor, dass die hier in Frage gezogenen fadenförmigen, parasitisch lebenden Pilze eine Assimilation des freien Stickstoffes **nicht** herbeizuführen imstande sind, auch wenn die günstigsten Objecte für die Versuche herangezogen werden. Wenn hier eine Stickstoffassimilation nicht nachgewiesen werden konnte, so ist die Wahrscheinlichkeit nicht mehr gross, dass dies bei anderen parasitisch lebenden Pilzen der Fall sein könnte. Die früher angedeutete etwas schnellere und üppigere Entwicklung der vom Pilze befallenen Nährpflanzen muss andere nebenläufige Ursachen haben, die aber jedenfalls auf eine Stickstoffassimilation nicht zurückzuführen sind.

Die Versuche mit den Rispenformen wurden im Verlaufe von drei Jahren stets mit den gleichen Ergebnissen wiederholt. Erst später sind noch Weizen und Gerste für die gleichen Versuchsanstellungen herangezogen worden.

Statt der jungen inficirten Nährpflanzen wurden hier Körner in die Versuchstöpfe ausgelegt, welche von vorausgegangenen Ernten zurückgelegt waren, die eine totale Infection bei den geernteten Körnern ergeben hatten. Die Versuche wurden ganz in der gleichen Art wie die vorher beschriebenen angestellt und durchgeführt. Es traten keinerlei Störungen während der Dauer der Versuche auf, und der Erfolg war ganz der gleiche, wie er für die Hirseformen beschrieben ist. Die Körner keimten zu gesunden Keimlingen aus, welche ohne Stickstoffverbindungen ihr Wachsthum einstellten, nachdem alle Reservestoffe verbraucht waren. Als der Stillstand im Laufe von 3 bis 4 Wochen eingetreten war, wurden auch hier durch einmalige Zuführung von Stickstoffverbindungen die jungen Pflanzen so weit gefördert, dass sie kleine Blüthenstände ausbildeten, welche in jedem Falle total brandig wurden. Die vergleichenden Versuche mit Stickstoffverbindungen ergaben wieder die Normalentwicklung der Pflanzen und auch hier die Ausbildung von brandigen Aehren in vollendeter Ausgestaltung. Durch eine photographische Aufnahme wurde hier abermals, wie bei der Hirse, der thatsächliche Bestand in anschaulicher Art fixirt. Die Versuchsreihen mit inficirter Gerste und mit Weizen bestätigen kurz die früheren Erfahrungen mit der Hirse. Für eine stattfindende Assimilation des freien Stickstoffes, veranlasst durch den Parasiten in den Nährpflanzen ist auch nicht eine Andeutung zu erkennen und wir können direkt aussagen, dass die vom Brande inficirten Nährpflanzen auf Stickstoffverbindungen genau so angewiesen sind, wie andere gesunde Pflanzen. Der negative Ausgang dieser Versuche lässt die von Hellriegel festgestellten Thatsachen für die Leguminosen in umso hellerem Lichte erscheinen. Es umgrenzt sie dahin, dass nach unserer derzeitigen Kenntniss nur die Rhizobien allein es sind, welche die Fähigkeit besitzen die Assimilation des freien Stickstoffes in grossem Massstabe zu vermitteln, wenn sie an Leguminosenwurzeln parasitisch leben.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Ein kleines, total brandiges Versuchsfeld von Sommergerste aus gebeizten Saatkörnern gezogen, die in der Blüthe mit frischen Brandsporen inficirt wurden. Viele Aehren sind nur theilweise brandig geworden.

Fig. 2. Ein ebensolches Versuchsfeld von Sommerweizen. Die wenigen gesunden Aehren gehören gleichwohl zu brandigen Stauden.

Im Texte ist diese Fig. 2 infolge Umsetzung der Bilder versehentlich als Fig. 1 bezeichnet worden.

Tafel II.

Fig. 1. Brandige Versuchspflanzen der Zuckerhirse, die an den jungen Keimlingen inficirt wurden. Der linke Topf enthält alle Nährsalze incl. Calciumnitrat, der rechte keinen gebundenen Stickstoff. In dem letzteren entwickelten sich die Versuchspflanzen nach Zugabe von Calciumnitratlösung ebenfalls bis zur Blüthenbildung und wurden alle brandig.

Fig. 2. Brandige Versuchspflanzen aus gebeizten, zwei Jahre alten Weizenkörnern, die zur Blüthezeit vor zwei Jahren mit Brandsporen inficirt wurden. Der rechte Topf zeigt die Entwicklung der brandigen Individuen in reinem Glassande, der alle Nährsalze incl. des Calciumnitrats erhalten hatte. Im linken Topf ist die Entwicklung zunächst ohne Zugabe von gebundenem Stickstoff erfolgt. Erst später wurde eine geringe Gabe von Calciumnitrat zugesetzt, um die Entwicklung bis zur Blüthenbildung zu fördern. Auch in diesem Topfe sind alle Individuen brandig.



Fig. 1.

Fig.

R. Falck phot.

Total brandige Versuchsfelder von Gerste und Weizen aus blüteninfiziertem, gebeiztem Saatgute.





R. Falck phot.

Fig. 1. Fig. 2.

Total brandige Versuchstöpfe von Zuckerhirse und Weizen mit und ohne Zugabe von gebundenem Stickstoff.

Meisenbach, Riffarth & Co., Berlin-Schöneberg

UNTERSUCHUNGEN AUS DEM GESAMTGEBIETE

DER

MYKOLOGIE.

VON

OSCAR BREFELD.

XIV. Band:

Die Kultur der Pilze

und

die Anwendung der Kulturmethoden für die verschiedenen Formen der Pilze

nebst Beiträgen

zur vergleichenden Morphologie der Pilze

und

der natürlichen Wertschätzung ihrer zugehörigen Fruchtformen.

MÜNSTER i. W.
KOMMISSIONS-VERLAG VON HEINRICH SCHÖNINGH.
1908.

Inhalt.

Seite.

Einleitung . . . . V—VIII

I. Die Keimung der Pilzsporen und ihre erfolgreiche Kultur.

Die biologische Eigenart der Pilzsporen und ihre natürliche Verbreitung 1
Die Lebensweise der Pilze und ihre Bedeutung in der Natur 4
Die Keimung der Pilzsporen in Wasser 13
Die Keimung der Sclerotien und sclerotialen Fruchtkörper in Wasser 22
Die Keimung der Pilzsporen in Nährlösungen und in Nährsubstraten 28
Die Herstellung der verschiedenen Nährlösungen und der Nährsubstrate und ihre Verwendung 31
Besondere Hülfsmittel für die Sporenkeimung 44
Pilzkulturen ohne Sporen, von vegetativen und anderen Zuständen ausgehend 49
Die Kultur der Pilze in Massensubstraten 53
Die Herstellung der verschiedenen Massensubstrate, welche für die Kultur der Pilze am geeignetsten sind 54
Nebenumstände, welche bei den Kulturen zu berücksichtigen sind 70
Die Ausführung der Kultur im engeren 76
Objectträgerkulturen 77
Die Aussaat der einzelnen Sporen 78
Die Isolierung der einzelnen Sporen und ihre Aussaat zur Kultur 80
Die Gewinnung reinen Sporenmaterials für die Aussaat 81
Die continuierliche Beobachtung der einzelnen Sporen für die Dauer der Kultur . . . 82
Die ununterbrochene Beobachtung in hängenden Tropfen und in feuchten Glaskammern verschiedener Art 83
Die Reinkultur auf Massensubstraten unter Vermeidung von Fehlerquellen bei diesen Kulturen 85
Der geschichtliche Gang in der Ausbildung der Pilzkulturen 85
Die Kultur parasitischer Pilze auf ihren Wirten 88
Die Methoden zur Infection parasitischer Pilze und zur Erzeugung der Pilzkrankheiten . . . 89

II. Die Anwendung der Kulturmethoden für die verschiedenen Pilzformen nebst Beiträgen zur vergleichenden Morphologie der Pilze und der natürlichen Wertschätzung ihrer zugehörigen Fruchtformen.

Die Schizomyceten (Spaltpilze) 95
Die Myxomyceten (Schleimpilze) 103
Die Hyphomyceten (Fadenpilze) 107
Die Phycomyceten (niedere, algenähnliche Fadenpilze) 110
a. Oogame Formen 111
Saprolegniaceen 112
Peronosporeen 115
Entomophtoreen 118
b. Isogame Formen 125
Zygomyceten 126
Die Mycomyceten (höhere Fadenpilze) 138

Seite.

1. Conidien- resp. Basidienreihe.
Hemibasidii, Ustilaginaceen (Brandpilze) 139
Ustilagieen 141
Tilletieen 147
Protobasidiomyceten 153
Uredineen 154
Tremellineen 160
Pilacreen 164
Autobasidiomyceten 165
Exobasidii 166
Heptasporium, Microstroma, Hypochnus, Tomentella, Exobasidium, Corticium 167
Gymnocarpe Autobasidiomyceten 169
Dacryomyceten 170
Clavarieen 170
Hemiangiocarpe und angiocarpe Autobasidiomyceten 171
Thelephoreen 171
Hydneen 172
Agaricineen 173
Polyporeen 178
Gastromyceten 183
Rückblick über die Formen der Conidienreihe 184
2. Sporangien- resp. Ascenreihe.
Hemiasci 190
Protomyces, Ascoidea, Saccharomyces, Schizosaccharomyces . . 191
Exoasce Ascomyceten 199
Endomyces 200
Sporenbildung in Sporangien und in Ascen 201
Exoascus und Taphrina 202
Carpoasce Ascomyceten 204
Gymnoasceen 204
Perisporiaceen 205
Eurotium-Aspergillus, Penicillium, Lysipenicillium . 206
Tuberaceen 211
Erysipheen 212
Sporenentleerung bei den Ascen und bei den Sporangien . . . 214
Pyrenomyceten 217
Discomyceten einschliesslich der Hysteriaceen 222
Flechtenbildende Ascomyceten 229
Vergleichstellung der beiden Formtypen der höheren Pilze, der Basidiomyceten und der Ascomyceten in ihren homologen Fruchtformen und in ihrem Anschlusse an die Formen der niederen Pilze 233
Die Pleomorphie und die früheren Sexualitäten der höheren Pilze 237
Die biologische Eigenart der Verwesungsorganismen, der Pilze und ihre Vergleichstellung zu der grünen Reihe der Pflanzen 252
Die Abspaltung der Pilze von der grünen Reihe der Pflanzen. 255

Einleitung.

Das Erscheinen des vorliegenden XIV. Bandes dieses Werkes, welches die Kultur der Pilze in ihrer derzeitig erreichten Ausbildung eingehend und besonders behandelt, hat sich um mehr als 10 Jahre hinausgeschoben.

Äussere Umstände, welche stärker waren wie mein Wille, Unglück in meiner Familie und der langsame Rückgang meines einzigen Auges haben diese Verzögerung herbeigeführt. Erst nach dem Rücktritte von meinem Lehramte an der Universität in Breslau habe ich die Ruhe und die Stimmung wiedergefunden, die lange zurückgelegte Arbeit endlich zum Abschluss zu bringen.

In dem jetzt vollendeten Buche habe ich die Erfahrungen zusammengefasst, welche ich selbst in der Kultur der Pilze feststellen und sammeln konnte. Seit der ersten Anwendung der Kulturformen für die Untersuchung der Pilze bei den gemeinsten und verbreitetsten Schimmelpilzen, bei dem Mucor Mucedo und bei dem Penicillium glaucum, welche in den beiden ersten Teilen d. W. veröffentlicht sind, bin ich ohne Unterbrechung bemüht gewesen, die Methoden der Kultur weiter auszubilden und zu vervollkommnen. Es ist mir im Laufe von fast vierzigjähriger Arbeit möglich geworden, die Kultur über alle Formen, auch die der höheren und grössten Pilze, erfolgreich auszudehnen. Die lange Reihe der Untersuchungen, welche in den 14 nun vollendeten Teilen dieses Werkes niedergelegt sind und denen noch 2 eventuell 3 weitere bald nachfolgen werden, legen ein beredtes Zeugnis ab für die Resultate, welche bis dahin durch die Anwendung der verschiedensten Kulturformen bei den Pilzen erreicht worden sind.

In dem ersten Teile des vorliegenden Buches habe ich das Bedürfnis und die Notwendigkeit, die Entwicklungsgeschichte der Pilze auf dem Wege der Kultur zu verfolgen und zu erschliessen, aus der biologischen Eigenart,

aus der Lebensweise der Pilze, der Ausbildung ihrer Fruchtformen und der Erzeugung ihrer Sporen natürlich hergeleitet. Die Keimung der kleinen, meist substanzarmen Pilzsporen erfolgt nur in vereinzelten und sehr beschränkten Fällen in Wasser. Die Sporen sind für ihre Keimung auf Ernährung und auf die Mitwirkung von Nährlösungen und Nährsubstraten. organischer Natur hingewiesen.

Ich habe die Herstellung der verschiedenen Nährlösungen und der Nährmedien für die Kultur der Pilze in direktem Anschluss an die Lebensweise und das Vorkommen der Pilze in der Natur in der nahe liegendsten Art hergeleitet und ausführlich beschrieben; ebenso habe ich auch die Aufbewahrung der Nährmedien für die Länge der Zeit und ihre unmittelbare Verwendung in der leichtesten und sichersten Art für die Ausführung der verschiedenen Kulturformen angegeben. Klare und sicher sterilisierte Nährlösungen geben in Objectträgerkulturen die Grundform der Pilzkulturen ab. Die Gewinnung und Verwendung reinen Sporenmaterials für die Kultur und die Aussaat der einzelnen Spore sind das erste Erfordernis für den sichern Verlauf und für den Ausgang der Kultur. Die Objectträgerkulturen bedürfen der Ergänzung weiterer Kulturen in grösserem Umfange in Massensubstraten, deren Herstellung und Anwendung in den verschiedensten Formen dargelegt und eingehend beschrieben worden ist. Die weiteren Hülfsmittel für die Kultur der Sporen einzelner Formen, welche auf bestimmte Keimzeit und höhere Temperatur angepasst sind, haben in der gleichen Weise eine Berücksichtigung gefunden, wie die Nebenumstände, welche in der Beschaffenheit des Substrates, in dem Grade seiner Konzentration, resp. seiner Verdünnung oder seines Wasserreichtums, in der Mitwirkung des Lichtes und der Wärme gegeben sind, und endlich auch Variationen der Kultur, durch welche es gelingt, die einzelnen Sporen in dem Gange ihrer Entwicklung in ununterbrochener Folge bis zum Abschluss zu beobachten.

Den Kulturformen für saprophytisch lebende Pilze sind die Formen der Infection, welche für parasitisch lebende Pilze und für die Erforschung von Pilzkrankheiten in Betracht kommen, ergänzend angeschlossen.

In dem zweiten Teile des Buches handelt es sich um die engere Anwendung der beschriebenen einzelnen Kulturmethoden für die verschiedenen Formen der Pilze. Neben den Bakterien und den Myxomyceten stehen hier die Fadenpilze in ihrem unendlichen Formenreichtum und in der mannigfachen Gliederung ihrer Formen in dem Mittelpunkte unserer Versuche. Sie bilden die

eigentliche Masse der Pilze, für welche die Kulturformen in ihren besonderen Variationen angepasst werden müssen.

Die Fadenpilze leiten ihren Ursprung von den oogam und isogam differenzierten Algen natürlich ab. Die oogame Reihe der Pilze, welche noch in der Fortpflanzung die Charaktere der in Wasser lebenden Algen zumeist beibehalten hat, erreicht früh ihr Ende. Um so reicher sind dagegen die isogam differenzierten, niederen Pilze in ihren Formen vertreten. Sie zeigen in ihren einfachen, noch Sporangien bildenden Formen membranführende, und schon für den Dauerzustand bestimmte Sporen, damit zugleich eine eigenartige Entlöschung der Sporangiensporen und eine besondere Anpassung an terrestrische Lebensweise, also die Verbreitung ihrer kleinen Sporen durch die Luft. Stärker noch tritt diese terrestrische Ausbildung in den conidienführenden Formen der niederen Pilze hervor. Die kleinen Conidien, Schliess-Sporangien, werden auf besonderen, mannigfaltig gestalteten Trägern gebildet und verstäuben mit Leichtigkeit durch die Luft. Zwischen den beiden Hauptfruchtformen, den Sporangien und den Conidien, schiebt sich gleichsam eine Nebenfruchtform in Chlamydosporen in den Entwicklungsgang ein.

Aus den Sporangien der niederen Pilze werden durch Formsteigerung die Hemiascen und die Ascen der Ascomyceten, aus den Conidienträgern die Hemibasidien und die Basidien der Basidiomyceten der höheren Pilze in getrennten Reihen gebildet. Mit dieser Formsteigerung von den niederen zu den höheren Pilzen vollzieht sich zugleich durch Abspaltung die Bildung von Nebenfruchtformen in Conidien und ebenso auch eine weitere Spaltung der Nebenfruchtform in Chlamydosporen.

In dieser Art findet die für die Fadenpilze eigenartige Pleomorphie in den Fruchtformen ihre einfache und natürliche Erklärung. Die Vielheit der Fruchtformen und die leichte Verbreitbarkeit ihrer kleinen Sporen durch die Luft, ermöglicht die Erhaltung der Formen, welche bei den Algen und auch noch bei den niederen, von den Algen abstammenden Pilzen, durch die Sexualität und durch Dauerfruchtformen, welche mit dieser zusammenhängen, gewährleistet wird.

Die Pilze bilden das Reich der Verwesungsorganismen, sie sind für ihre Lebensform biologisch zwar eigenartig, aber doch in der natürlichsten Weise ausgebildet und ausgerüstet. Für diese terrestrisch lebenden und für die terrestrische Verbreitung angepassten Pilzformen müssen die Kulturmethoden in den einzelnen Fällen besonders und eigenartig angepasst werden. Sie finden ihren einfachen

Ausdruck in der Forderung, die einzelne Spore zum Ausgang der Kultur zu machen und sie ohne Beimischung fremder Pilzkeime und geschützt gegen die Invasion von Keimen aus der Luft, zur vollendeten Höhe der Entwicklung zu fördern und die sämtlichen Formbildungen und Fruchtformen zur Ausbildung zu bringen, welche dem Entwicklungsgange der einzelnen Pilze angehören. Die Gewinnung reinen Sporenmaterials, die Isolierung der einzelnen Sporen, ihre Reinkultur gegen das Eindringen fremder Pilzkeime in gesicherter Art durchzuführen, ist für die einzelnen Pilzformen so weit als möglich angegeben, unter Ausführung der weiteren kultur-methodischen Hülfsmittel, durch welche es gelingen kann, den Höhepunkt der Entwicklung und die Ausbildung der höchsten Fruchtform zu erreichen.

Hier kommt die Kenntnis der vergleichenden Morphologie und das Verständnis der Biologie der Pilze zur Herrschaft. Ohne beide ist es unmöglich, die jeweilige Fragestellung für die Untersuchung der einzelnen Formen richtig zu fassen und die Kulturen erfolgreich durchzuführen.

In diesem Sinne kann das vorliegende Buch nicht bloss als ein mykologisches Practicum zur Ausführung von Pilzkulturen gelten; es umfasst zugleich auch darüber hinaus die Grundzüge der Biologie und der vergleichenden Morphologie der Pilze in einheitlicher und übersichtlicher Darlegung, soweit sie für die Pilzkulturen in Betracht kommen. Die ergänzenden Illustrationen finden sich in den vorausgegangenen 13 Bänden d. W. Sie sind in kürzerer Form zusammengestellt in der vergleichenden Morphologie der Fadenpilze von Franz von Tavel bei Gustav Fischer in Jena 1892.

Es gereicht dem Inhalte des Buches nicht zum Nachteil, dass es mir möglich war, eine ganze Reihe von einzelnen und wichtigen Untersuchungen, die bisher noch nicht zur Veröffentlichung gekommen sind, als Material für eine geschlossene Behandlung hier heranzuziehen. Ebenso ist es mir aus meiner langen Erfahrung möglich geworden, die derzeitigen, noch bestehenden Lücken in unserer Kenntnis scharf zu bezeichnen und die Stellen genau anzugeben, an welchen weitere Untersuchungen sich anschliessen müssen und zugleich die Wege anzudeuten, in welchen die nächsten Ziele am besten und wahrscheinlichsten erreicht werden können.

I. Die Keimung der Pilzsporen und ihre erfolgreiche Kultur.

Für biologische Untersuchungen auf dem Gebiete der Pilzkunde sind die Sporen der Pilze der natürlichste und naheliegendste Ausgangspunkt. Mit der Keimung der Pilzsporen und mit ihrer erfolgreichen Kultur in den geeigneten Nährmedien treten die Formbildungen und die morphologischen Charaktere in vegetativer und in fructificativer Beziehung in natürlicher Folge von selbst in die Erscheinung, durch welche die verschiedenen Pilzformen ausgezeichnet sind. Es handelt sich nur darum, zunächst die Keimung der Sporen sicher zu erreichen und dann im Laufe ihrer weiteren Kultur die volle und normale Entwickelung zu ermöglichen, wie sie in der Natur stattfindet, und alle Störungen fernzuhalten, welche während der Dauer der Kultur zu Irrtümern die Veranlassung geben können.

Die biologische Eigenart der Pilzsporen und ihre natürliche Verbreitung. Die Pilze sind in der Erzeugung ihrer Sporen von ausserordentlicher Fruchtbarkeit. Diese Fruchtbarkeit wird ermöglicht durch die Kleinheit der Sporen, durch den geringen Stoffaufwand, der für die einzelne Spore in Verwendung kommt. In beiden Momenten, in der Fruchtbarkeit an Sporen und in der Kleinheit der Sporen an sich, sind die natürlichen Hülfsmittel gegeben für die leichte Vertriebbarkeit und für die weite Verbreitung der Pilzsporen.

Das Medium, in welchem die Sporen der zumeist terrestrisch lebenden Pilze verbreitet werden, ist die atmosphärische Luft. Die Sporen selbst sind mit Bewegungsorganen nicht ausgestattet, sie werden vertrieben durch die Bewegungen der Luft, und hierfür sind sie durch ihre Kleinheit und Leichtigkeit besonders angepasst. Sie werden von dem leisesten Windhauche bewegt, und schon bei der Entleerung der Sporen grosser Fruchtkörper der Pilze, z. B. der Morcheln und der Becherpilze, kann man sich mit blossem Auge von dem Aufwirbeln

und dem Vertrieb der Sporen durch die leichten Bewegungen in der Luft überzeugen. Ganz besonders instructiv für die leichte Verbreitung der Pilzsporen sind die neuerdings im pflanzenphysiologischen Institut in Breslau ausgeführten Untersuchungen von R. Falck[1]), die er bei den grossen Fruchtkörpern der Basidiomyceten experimentell angestellt hat. Hier werden schon durch geringe Temperatur-Einflüsse, die von den Fruchtkörpern selbst ausgehen, die Sporen in einem geschlossenen Raume über weite Strecken vertrieben. Darüber hinaus ist durch die mit den neuesten Kulturhülfsmitteln ausgeführten Untersuchungen über die Verbreitung der Pilzsporen durch die Luft der Nachweis erbracht, dass die Sporen über weite Meere und über die höchsten Berge vertrieben werden. Freilich nehmen hier mit der Höhe der Atmosphäre und mit der Entfernung vom festen Lande die Sporen in der Luft mit zunehmender Höhe mehr und mehr ab, sie sind indes kaum an einer Stelle vergeblich gesucht worden.

Die Pilzsporen bilden eine mit blossem Auge nicht sichtbare Verunreinigung der Luft. Sie sind gleichsam das Plankton der Atmosphäre, die Schwebeorganismen in der Luft, welche sich hier aber im Ruhezustande, nicht in der Vegetation, befinden. In wenig bewegter Luft senken sich die Sporen allmählich auf die Erde nieder, um an den Stellen der Niederlassung, wenn sich keine Vegetationstätte bietet, von neuem aufgewirbelt und vertrieben zu werden. Für diesen Zweck sind die Pilzsporen vielfach durch schwere Benetzbarkeit ausgezeichnet, durch fest anhaftende Luft, welche ihre Fixierung an den Niederlassungsstellen erschwert. Natürlich werden die Sporen durch Regen auf die Erde niedergeschlagen, und im Zusammenhange hiermit ist es mit den jetzigen Hülfsmitteln der Kultur, die weiterhin ausgeführt werden sollen, leicht möglich, den Nachweis zu führen, dass nach erfolgtem Regen die Luft am reinsten, d. h. frei von Pilzsporen ist. Ebenso lässt sich nachweisen, dass in der Zeit des Winters, wenn die Vegetation in der Natur durch Kälte unterbrochen resp. unmöglich ist, die Luft an Pilzsporen ärmer wird, und dass in der vollen Vegetation des Sommers und namentlich im Herbste die Pilzsporen in der Atmosphäre erheblich zunehmen.

Ehe man von dieser natürlichen Verbreitung der Pilzsporen durch die Luft eine richtige und klare Vorstellung gewonnen hatte, waren die immer

---

[1]) R. Falck, Die Sporenverbreitung bei den Basidiomyceten. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Band IX, 1904, p. 1—82.

wiederkehrenden Beobachtungen unerklärlich, nach welchen Pilzvegetationen auf allen möglichen organischen Substraten auftraten, auf welchen man die Keime der Pilze nicht vermutet hatte. Noch gesteigert wurde die Auffälligkeit dieser Erscheinungen durch die immer wiederkehrende Tatsache, dass selbst auf ausgekochten, organischen Substanzen Pilzentwickelungen auftraten, dass Gärungserscheinungen erfolgten in Fruchtsäften, welche man von reinen Früchten entnommen zu haben glaubte. Man war in solchen Fällen zu der Auffassung geneigt, dass die hier auftretenden Pilze durch Urzeugung entstanden seien, und selbst noch in den fünfziger Jahren fand die Meinung Glauben, dass z. B. der Fliegenpilz, Empusa muscae, dessen Herkunft auf den Fliegen nicht erklärt werden konnte, durch Urzeugung entstanden sei.[1]) Es hat langer und mühevoller Untersuchungen bedurft, um hier den Nachweis zu führen, dass alle diese Pilzbildungen von Pilzkeimen herrühren, welche in nicht sichtbarer Weise, vorzugsweise durch die Luft, verbreitet werden. Heute weiss man, dass und in welchem Grade die Luft mit den Keimen terrestrisch lebender Pilze verunreinigt ist, und dass die Pilzkeime aus der Luft in ganz natürlicher Art auf alle Substrate geraten, welche nicht durch besondere Vorsichtsmassregeln geschützt sind. Heute weiss man weiter, dass die Keime von Pilzen an allen Stellen sich vorfinden, die nicht besonders geschützt und nicht besonders sterilisiert sind, dass man unsere Nahrungsmittel fleischlicher und vegetabilischer Natur nur für die Länge der Zeit konservieren kann, wenn man alle Pilzkeime tötet, die sich an ihnen vorfinden, und den Zutritt neuer Keime verhindert. Unsere derzeitigen Konservierungshülfsmittel sind im wesentlichen nur Mittel zur Bekämpfung der Pilzkeime, welche alle unsere Nahrungsmittel angreifen und zerstören. Es ist nicht zu viel gesagt, wenn wir unsere jetzt ausgebildeten Lebensgewohnheiten für die Erhaltung unserer Nahrungsmittel, die grossen Anstalten für die Herstellung von Konserven für Expeditionen und Kriegszüge auf den Ausschluss von Pilzkeimen zurückführen. Heute kann man sterilisiertes Bier und Milch unter den Äquator und bis zu den Polen bei Expeditionen für Jahre mit sich führen und von ihnen leben, wie an den Stellen, wo sie bereitet sind. Nichts aber gibt eine klarere Vorstellung für die allgemeine Verbreitung der Pilzkeime, als die Schwierigkeiten, sie zu be-

[1]) Cohn, Empusa Muscae und die Krankheit der Stubenfliege. Nova Acta Vol. XXV, P. I. S. 300.

kämpfen: die Formen der Sterilisierung, welche man in der Chirurgie anwendet, um bei operativen Eingriffen in den Organismus die schädlichen Pilzvegetationen auszuschliessen. Erst durch die Aseptik ist die Chirurgie zu den heutigen Fortschritten gelangt, durch welche Operationen möglich geworden sind, an deren Ausführung früher auch mit der geschicktesten Hand nicht zu denken war.

Die Lebensweise der Pilze und ihre Bedeutung in der Natur. Die Pilze sind die Organismen der Verwesung. Sie leben von den organischen Substanzen, welche von den grünen Pflanzen und von den Tieren zurückbleiben. Die in den grünen Pflanzen ursprünglich durch die Kraft des Lichtes in den Chlorophyll-Apparaten grüner Zellen aus anorganischen Mitteln, aus Kohlensäure und Wasser, erzeugte organische Substanz dient zunächst diesen Pflanzen selbst zur Nahrung und zum Aufbau ihres Organismus. Von den pflanzlichen Organismen leben die Tiere, sie dienen der zoologischen Reihe als Nahrung. Was von beiden, von den Pflanzen und von den Tieren, an toter organischer Substanz übrig bleibt, fällt schliesslich der Vegetation der Pilze anheim, welche die vorgefundene organische Substanz für ihre Ernährung verwenden und mit ihrer Vegetation und Lebenstätigkeit wieder in Kohlensäure und Wasser zurückführen, aus welchen sie ursprünglich durch die grünen Pflanzen mit Hülfe des Lichtes erzeugt worden ist. Der Kreislauf in der organischen Welt, in der Erzeugung der organischen Substanz durch die Kraft des Lichtes in den grünen Pflanzen, in ihrer Verwendung für die Lebewesen, für die Pflanzen und Tiere, und ihrer endlichen Zerstörung durch die Verwesungs-Organismen, durch die Pilze, wird in dieser Art harmonisch geschlossen. Was die grünen Pflanzen erzeugen, verzehren die Tiere, und die Überbleibsel von beiden werden von den Pilzen verbraucht und durch ihre Rückführung zu Kohlensäure und Wasser körperlich wieder zum Verschwinden gebracht.

Wir können uns leicht überzeugen, dass unter normalen Verhältnissen eine Anhäufung von organischen Resten, von Pflanzen und Tieren, an unserer Erdoberfläche nicht stattfindet, dass also die Verwesungs-Organismen, die Pilze, ihre Tätigkeit in ergänzender und abschliessender Weise in der Zerstörung der organischen Substanz vollziehen. Wir finden nur vorübergehend Reste der organischen Substanz an der Erdoberfläche vor, also für eine verhältnismässig kurze Zeit, welche noch nicht ausreichend war für die vollständige Zerstörung durch die Verwesungs-Organismen.

Nur unter besonderen Umständen findet eine Abweichung von diesem Zerstörungsvorgange der organischen Substanz durch die Pilze statt. Diese Umstände sind gegeben in unseren Mooren bei der Vegetation grüner Pflanzen an der Oberfläche des Wassers, also in sumpfigen wasserreichen Gegenden, wo mit fortschreitendem Wachstum der Moorpflanzen an der Oberfläche nach oben und nach dem Lichte die älteren, nach rückwärts gelegenen Teile dem Lichte entzogen, unter Wasser versenkt und zum Absterben gebracht werden. Die im Wasser lebenden, an Zahl nur geringen Fadenpilzformen und die Bakterien vermögen hier eine Zerstörung der organischen Substanz nur in beschränktem Grade auszuüben. Die terrestrisch lebenden Verwesungs-Organismen, die eigentliche Masse der Pilze, können unter Wasser nicht leben und vermögen also das Zerstörungswerk der organischen Substanz an der Erdoberfläche in gewohnter Form, unter der Mitwirkung atmosphärischer Einflüsse, nicht auszuführen. Die hier zurückbleibenden organischen Reste der Moor- und Sumpfpflanzen erfahren demnach untergetaucht unter Wasser nicht die gleichen Vorgänge der Verwesung, wie sie an der freien Luft, an der Oberfläche der Erde, durch den Einfluss der terrestrisch lebenden Pilze sich vollzieht. Die Wirkung der Pilze ist hier eine sehr beschränkte, fast ausgeschlossene, und wenn sie bald zu Ende geht, vollziehen sich in der Länge der Zeit, ohne die Mitwirkung atmosphärischer Einflüsse, in den abgestorbenen Pflanzenresten eine Reihe von chemischen Vorgängen: eine langsame innere Zersetzung, welche namentlich auch mit der Auslösung von Gasen, in letzter Instanz von Sumpfgasen, von Kohlenwasserstoff-Verbindungen und schliesslich von reinem Kohlenwasserstoff verbunden ist. Bei diesen Vorgängen bleibt die grosse Masse der an sich sehr kohlenstoffreichen Verbindungen der organischen Substanz in oft nur wenig veränderter äusserer Form zurück. Wir können die hier stetig fortschreitende Veränderung der organischen Substanz, deren Reste immer kohlenstoffreicher und dunkler werden, also so zu sagen, die fortschreitende Karbonisierung der organischen Substanz mit zunehmendem Alter schrittweise verfolgen und wir haben in den noch zu unserer Zeit in den Mooren gebildeten Torflagern die erste, in den Braunkohlenlagern die zweite, in den Steinkohlen die dritte und in der Anthracitkohle die letzte und höchste Stufe der stetig fortschreitenden Karbonisierung in den Resten einer früheren Moorvegetation vor uns, die schliesslich mit den Überresten fast reinen Kohlenstoffes, Graphitkohle, ihren Abschluss findet.

Wir brauchen nur grosse Zeiträume einzusetzen, um die hier angedeuteten, stetig fortschreitenden, zur vollständigen Karbonisierung führenden Vorgänge, welchen die organischen Pflanzenteile ohne Verwesungs-Organismen unterliegen, richtig beurteilen zu können. Der Torf ist die jüngste Bildung dieser Art, die Braunkohle die schon etwas ältere Stufe, die Steinkohle die zur fast völligen Karbonisierung fortgeschrittene organische Masse von Moor und Sumpfpflanzen, welche unter Wasser den Einflüssen der Pilze dauernd entzogen sind.

Durch die Vorgänge resp. Veränderungen an unserer Erdoberfläche sind diese organischen Reste einer früheren Moor- und Sumpfvegetation unter die Erde geführt und werden heute als Lager von Braunkohlen und Steinkohlen ausgegraben und als Brennmaterial resp. als Kraftquelle für die Bedürfnisse unserer modernen Kultur verwendet.

Wenn man erwägt, dass es sich hier nur um die organischen Überbleibsel einer Vegetation in moorigen sumpfigen Gegenden handelt, und wenn man weiter bedenkt, dass diese Reste einer organischen Welt, welche unter den angeführten Umständen der Zerstörung durch die terrestrisch lebenden Pilze entgangen sind, das Material abgeben für die Unterhaltung unserer modernen Industrie und unserer modernen Kultur, dann gelangt man unschwer zu einer richtigen Beurteilung über die wichtige und grosse Bedeutung der Pilze in der Natur und die stetige Wirksamkeit der Verwesungs-Organismen, wie sie sich continuierlich auf der Erdoberfläche in der organischen Welt und ihren Überresten unmerklich vollzieht.

Dass bei dem Untergange der Lebewesen im Meere die Verwesungs-Organismen, also die terrestrisch lebenden Pilze, ebenfalls nicht zur Wirkung kommen können, versteht sich ganz von selbst. Über die Vorgänge der weiteren inneren Zersetzungen, welche hier Platz greifen müssen, ist man nicht sicher unterrichtet, hat aber für den Ursprung des Petroleums und der Petroleumquellen in der Erde keine andere Erklärung, als die, dass sie aus der inneren Zersetzung von grossen und massenhaft angehäuften Meeres-Organismen, namentlich von Tieren, herstammen, welche ohne Verwesungs-Organismen der inneren Zersetzung anheim gefallen sind, an den Stellen, wo diese nachträglich unter die Erde verschüttet wurden.

Wenn wir die Kohlenlager, die von den Pilzen verschonten organischen Reste früherer Vegetations-Perioden, nicht besässen, so würde uns die Kraftquelle nicht zur Verfügung stehen, über welche wir heute verfügen. Man sagt wohl,

wenn die Kohlen verbraucht sind, dann tritt die elektrische Kraft an ihre Stelle. Diese wird aber, wie auch die anderen uns verfügbaren Kräfte, zumeist in letzter Instanz mit Hilfe der Kohlen erzeugt. Wenn uns nichts übrig bleibt, wie das Brennmaterial der augenblicklichen Vegetation und die Kräfte von Wasserfällen, eventuell von Ebbe und Flut, so ist unsere moderne Industrie und unsere moderne Kultur, ohne Kohlen, dem Rückgange unabwendbar preisgegeben. Wenngleich diese Erwägung auch zur Vorsicht mahnt, mit dem Kohlenmaterial sparsam umzugehen, so wiegen sich die jetzt lebenden Generationen mit dem Gedanken zur Ruhe, dass diese Zeit noch weit von uns liegt.

Sehen wir von der Bildung grosser organischer Massen, wie sie in den Kohlenlagern als Reste von Sumpfpflanzen aus früheren Vegetations-Perioden der Erde gegeben und durch die Verhinderung der Einwirkung der Verwesungs-Organismen erhalten geblieben sind, hier ab, so finden wir auch gegenwärtig noch an vereinzelten Stellen auf der Erdoberfläche Verhältnisse im kleinen vor, unter welchen die organische Welt in ihren Resten einer langsameren und unvollkommeneren Zerstörung durch die Pilze anheimfällt, als es sonst im allgemeinen geschieht. Diese Verhältnisse sind namentlich gegeben an feuchten Stellen, wo eine üppige Pflanzenvegetation zur Entwickelung kommt. Die hier abfallenden auf und in der Erdoberfläche verbleibenden Pflanzenreste können in dem zu feuchten Boden, der den Verwesungs-Organismen ungünstig ist, nur langsam und nur teilweise zerstört werden. Auch hier bleiben aus den organischen Resten mit fortschreitender Zersetzung stark karbonisierte, schwarze, organische Massen zurück, die man wohl als Humus bezeichnet und die aus einer langsamen inneren Zersetzung, einer Humification, der organischen Substanzen fortschreitend gebildet sind. Es wird die organische Substanz nur teilweise von Verwesungs-Organismen zerstört, die zurückbleibenden organischen Reste färben sich dunkler mit fortschreitender innerer Zersetzung, d. h. durch Karbonisierung der organischen Reste, welche mit einer Schwärzung verbunden ist.

Diese so gebildeten organischen Reste, mit Erde vermischt, stellen die sogenannte Humuserde dar, welche für die Vegetation der Pflanzen eine wichtige Rolle spielt. Die Humuserde, an trockenen Stellen für den Acker verwendet, oder auch in Komposthaufen durch die Anhäufung von organischen Resten mit Erdreich untermischt besonders, gleichsam künstlich, erzeugt, gibt dem Boden den Charakter eines fruchtbaren Erdreiches, in welchem die Pflanzen üppiger gedeihen und die Vegetation bedeutend gefördert wird. Die Beimischung von

Humus macht das Erdreich locker, für die Wurzeln der Pflanzen leichter durchdringbar, durch die schwarze Färbung kommt die Wirkung der Sonne in der Erwärmung des Bodens mehr zur Geltung, und ausserdem hat dieser Humus die Fähigkeit, Phosphorsäure und auch Kali-Verbindungen, die wichtigsten mineralischen Stoffe für die Ernährung der Pflanzen, durch Absorption festzuhalten.

Was sich an feuchten Stellen mit der Anhäufung von organischen pflanzlichen Resten und ihrer mangelhaften Zerstörung durch Verwesungs-Organismen vollzieht, das finden wir in etwas gesteigerten Verhältnissen in unseren landwirtschaftlichen Betrieben vor, wo aus grossem Viehbestande und seiner Pflege organische Massen in den Fäkalien sich anhäufen, die immer wieder als Düngemittel für den Acker resp. für die Entwickelung und die Ernährung der Pflanzen verwendet werden. Für die Landwirte ist die Erzeugung und die richtige, zweckmässige Verwendung des Düngers eine der wichtigsten Fragen bei dem landwirtschaftlichen Betriebe. Es handelt sich darum, dieses Dungmaterial so zu verwenden, dass seine Hülfsmittel ohne Abschwächung für die Ernährung und Vegetation spec. der landwirtschaftlichen Pflanzen zur vollen Wirkung kommen. Für diese organische Masse, für diesen Dünger, spielen nun die Pilzkeime eine ausserordentlich wichtige Rolle. Es handelt sich einmal darum, die hier schon vorhandenen Stickstoffverbindungen nicht zu verlieren durch Zersetzung und durch Verdunstung, sie vielmehr in Formen überzuführen, welche der Ernährung der Pflanzen aufs beste zu gute kommen. Es wird angegeben, dass es pilzliche Mikroorganismen gibt, welche die Stickstoffverbindungen mit ihrer Vegetation zerstören und freien Stickstoff entbinden. Es ist weiter nachgewiesen, dass es andere Mikroorganismen gibt, welche die Stickstoffverbindungen oxydieren, sie in Nitrite und Nitrate, d. h. in Formen überführen, in welchen sie für die Ernährung der Pflanzen am zugänglichsten sind. Es muss also ein erstes Ziel des landwirtschaftlichen Betriebes sein, diese massenhaft angehäuften organischen Substanzen im Dung durch richtige Förderung der Vegetation der Mikroorganismen der Pilze so zu regeln, dass die Stickstoffverbindungen nicht verloren gehen, vielmehr in Verbindungen übergeführt werden, durch welche ihre höchste Nutzbarkeit erzielt werden kann. Daneben handelt es sich darum, die Vegetation der eigentlichen Pilze, der Verwesungs-Organismen, im engeren so zu beschränken, dass die organische Substanz durch sie nur in beschränktem Grade zerstört, dass sie also, unter methodischer Ausschaltung ihrer Mitwirkung, mög-

lichst erhalten und karbonisiert, d. h. in Humusform übergeführt wird, in welcher sie dem Lande resp. der Vegetation auf dem Lande in vollem Masse zugute kommt.

Bei richtiger Fragestellung muss die Lösung dieser Aufgaben, die für die Landwirtschaft von grösster Wichtigkeit sind, erreicht werden können, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass hier die biologischen und physiologischen Kenntnisse der Verwesungs-Organismen, ihrer Lebensweise, der Art ihrer Wirksamkeit oder, je nach Umständen, der Begünstigung oder Ausschaltung ihrer Vegetation von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Die grosse Mehrzahl der Pilze gehört zu den Verwesungs-Organismen, also zu den biologischen Formen, welche auf toter organischer Substanz vegetieren und diese für ihren Lebensunterhalt verbrauchen.

Es gibt aber unter der Summe der Pilze eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Formen, welche sich an eine andere Lebensform angepasst haben. Sie vegetieren nicht auf toter organischer Substanz, sondern sie besitzen vielmehr die Fähigkeit, lebendige Organismen anzugreifen, in diese einzudringen und von den Mitteln des lebendigen Organismus zu leben und zu vegetieren. Man unterscheidet diese Formen als „Parasiten" von den übrigen Pilzen, die man auch kurzweg als Saprophyten zu bezeichnen pflegt.

Diese parasitisch lebenden Pilze erzeugen in den Pflanzen und Tieren, auf und in welchen sie parasitieren, mehr oder minder grosse Störungen, welche sich als Krankheitserscheinungen an den befallenen Wirten bemerkbar machen. Die Erkenntnis, dass bei einer sehr grossen Anzahl von Krankheitserscheinungen Pilze die Ursache und ihre Keime als Krankheitserreger zu beurteilen sind, ist vorzugsweise in der neuesten Zeit mehr und mehr fortgeschritten und hat erst zur richtigen Beurteilung der verschiedenen Krankheitserscheinungen und ihrer Ursachen geführt. Wir können wohl sagen, dass die Mehrzahl von infektiösen Krankheiten, die sich durch Ansteckung verbreiten, durch parasitische Pilze verursacht werden, und dass die Lehre von den Krankheiten der Pflanzen und der Tiere durch diese Erkenntnis ihre ursächliche und natürliche Aufklärung gefunden hat, und dass die richtige Beurteilung der Krankheitserscheinungen ohne die Kenntnis ihrer Erreger, der parasitischen Pilze, nicht möglich ist.

Bei den Pflanzen können wir die parasitären Erscheinungen in ihren ersten Anfängen beobachten und kennen lernen. Es gibt eine Anzahl von Pilzformen, welche ihre Wirte nur unter besonderen Umständen befallen können und welche auf diesen parasitierend, zerstörende und tötende Einflüsse auf die angegriffenen Gewebe ausüben. Die befallenen Pflanzenteile und Pflanzen sterben ab und werden durch diese Erscheinung äusserlich auffällig. Hierher gehört z. B. der Pilz der Edelfäule der Weintraube, die Botrytis cinerea, welche an reifen Weintrauben, die kleine Wundstellen bekommen, Angriffspunkte findet und mit ihrer Vegetation ein langsames Absterben der Gewebe herbeiführt, welches mit einer Färbung ins Braune verbunden ist. — Als ein weiteres Beispiel von etwas fortgeschrittenem Parasitismus kann hier der Pilz der Kartoffelkrankheit, Phytophthora infestans, angeführt werden. Dieser Parasit ist schon mit der Fähigkeit des Eindringens durch die geschlossene Oberhaut, namentlich an den Blättern, versehen, dringt so in die Gewebe ein, hat aber noch die Eigentümlichkeit, alle von ihm mit weiterem Vordringen berührten Gewebeteile zum schnellen Absterben zu bringen, wodurch er seiner eigenen Vegetation resp. seinen eigenen Vorteilen entgegenwirkt.

In noch anderen wiederum fortgeschrittenen Fällen des Parasitismus finden wir eine Anpassung zwischen den Parasiten und ihren Wirten ausgebildet. Die Pilze töten nicht mehr die Gewebe, und die Wirte haben sich der Vegetation ihrer Parasiten so weit angepasst, dass sie die Eindringlinge ernähren, zwar einen mehr oder minder grossen Schaden von dieser Ernährung nehmen, aber eine stärker störende Wirkung durch Absterben nicht mehr erfahren. — Wir können diese Anpassungen zwischen den Parasiten und den Wirten in einer aufsteigenden Reihe von Fällen beobachten, in welchen sich die Wirte immer mehr mit ihren Parasiten abfinden, bis beide schliesslich in relativ friedlichen Beziehungen mit einander fortleben. — Die vollkommneren Anpassungen der Parasiten an ihre Wirte sprechen sich zunächst darin aus, dass bestimmte Formen von parasitischen Pilzen immer nur auf bestimmten Nährpflanzen, und nur in diesen, oft sogar nur in bestimmten Teilen von diesen, vegetieren resp. fructificieren können.

Einen besonders interessanten Fall von parasitischem Zusammenleben dieser Art finden wir bei den Brandpilzen in unseren Getreideformen vor. Die zugehörigen Parasiten dringen in die bestimmten, angepassten Nährpflanzen ein und

zwar meist schon in ihren ersten Keimstadien; sie werden, bis zur Vegetationsspitze vorgedrungen, von ihren Wirten ernährt, wachsen in diesen fort, ohne dass die mindeste störende Schädigung sich äusserlich verrät, und gelangen erst nachträglich in den letzten Entwickelungsstadien der Nährpflanze, in den Blüten und Früchten der Getreidepflanzen, zur Fruchtbildung und mit dieser zur äusseren Erscheinung der bis dahin verborgen gebliebenen Krankheit. Ohne arge Schädigung und ohne Störung gewisser Pflanzenteile geht es natürlich auch hier nicht ab.[1])

In den vollkommensten Fällen der Anpassung, wie sie z. B. bei den Flechten bildenden Pilzen zur Erscheinung kommen, leben die Wirte, welche hier als grüne oder blaue Algenzellen sich zeigen, mit den parasitischen Pilzen, von welchen sie befallen werden, gemeinsam fort. Die Algenzellen wachsen und vermehren sich trotz des Parasitismus durch die befallenden Pilze, und beide zusammen, Algen und Pilze, bilden den in der Erscheinung eigenartigen Organismus der Flechten.

Man hat diese wohl weitest fortgeschrittenen Fälle von Parasitismus als Erscheinungen der Symbiose, des gemeinsamen friedlichen Zusammenlebens von Wirten und Pilzen, bezeichnet. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, dass es sich hier nur um den weitest fortgeschrittenen Fall einer parasitären Erscheinung, also um eine Anpassung zwischen Wirt und Parasit handelt, welche sich nach rückwärts hin den vorgenannten primitiveren Fällen ganz natürlich anschliesst. — Den vollkommensten Fall, den wir in der Pflanzenwelt nach dieser Richtung hin zu beobachten imstande gewesen sind, finden wir in den allbekannten Wurzelknöllchen der Leguminosen vor. Die Knöllchen, Wurzelanschwellungen der Hülsenfrüchtler, werden verursacht durch eigenartige Pilzformen, durch Rhizobien, welche in noch unbekannter Weise in die Gewebe der Wurzeln eindringen und in ihren Zellen unter bedeutender Erweiterung und Vermehrung parasitieren. Die befallenen Pflanzen erleiden nun nicht blos durch die Parasiten, welche sie in ihren Wurzeln beherbergen, keine Störung, sondern vielmehr eine vorteilhafte Beeinflussung für ihre Ernährung und Entwicklung. Es ist unzweifelhaft durch Hellriegel erwiesen, dass die eingedrungenen Parasiten im Zusammenhange mit ihren Nährpflanzen den freien Stickstoff der Luft zu

[1]) Man vergleiche hierzu die näheren Ausführungen in den verschiedenen Teilen des vorliegenden Werkes, namentlich Band V, XI, XII und XIII: Brandpilze I—IV.

assimilieren vermögen und so eine Versorgung der Wirte mit Stickstoffverbindungen veranlassen, welche bei anderen Pflanzen aus dem Boden entnommen und durch die Wurzeln aufgenommen werden müssen. In diesem Falle bilden unzweifelhaft die Wirte in dem parasitischen Leben mit dem Pilze die bevorzugte Hälfte, sie ernähren sich mit Hülfe ihrer Parasiten durch Stickstoffverbindungen, welche sie durch ihre Mitwirkung erhalten, während umgekehrt die Pilze nur geringe Mengen von organischer Substanz von ihnen aufnehmen. Wenn man für diesen Fall die Bezeichnung Symbiose eingesetzt hat, so ist dies mit voller Berechtigung geschehen, es bleibt aber immer zu erwägen, dass im Grunde auch hier nur ein besonderer Fall von Parasitismus vorliegt, in welchem der Wirt sich von seinem Parasiten, der Parasit von dem Wirte, unter Ausschaltung jeder störenden Beeinflussung, ernährt.

Die Bezeichnung Symbiose ist besonders für eine Reihe von Fällen im Tierreiche zutreffend und vollberechtigt; im Pflanzenreiche finden sich dagegen die nur wenigen genannten Fälle von Parasitismus vor, für welche die Bezeichnung mit genügender Berechtigung eingesetzt werden kann. Meines Erachtens ist die Bezeichnung auch hier eine überflüssige. Sie regt die Forschung nur zu Spekulationen an, die dann leicht zu irrtümlichen Deutereien führen können. Ich erinnere hier nur an die Mycorhizen und an die mancherlei Spekulationen, welche für sie nach ihrem verschiedenen Vorkommen bereits eingesetzt worden sind, ehe eine genügende Unterlage von Tatsachen sicher festgestellt werden konnte.

Wie weit nun auch die gegenseitige Anpassung der Parasiten an ihre Wirte und der Wirte an ihre Parasiten fortgeschritten sein mag, der saprophytische Ursprung der parasitischen Pilze, welche hier als Erreger von Krankheiten bei ihren Wirten auftreten, lässt sich in allen vorliegenden Fällen im Pflanzenreiche mit Sicherheit nachweisen. Die parasitisch lebenden Pilze haben die ursprüngliche Fähigkeit, sich ohne ihre Wirte zu ernähren, nicht verloren und vermögen in toten, organischen Nährsubstraten, in Nährlösungen etc., in fast allen Fällen mehr oder minder leicht und üppig zu gedeihen. Sowohl die Flechten bildenden Pilze der Ascomyceten, wie die Rhizobien der Leguminosen, ebenso die Pilze, welche die Brandkrankheiten unter den Pflanzen hervorrufen, welche das Mutterkorn in unserem Getreide erzeugen, die man als die höchst entwickelten oder vielmehr am spezifischsten an ihre Wirte angepassten Parasiten ansehen muss, sind auf das leichteste ohne ihre Wirte in beliebigen Nährlösungen wie andere saprophytisch

lebende Pilze zur Entwickelung zu bringen. Bei den Brandpilzformen konnte ich sogar den Nachweis führen, dass die Parasiten ausserhalb ihrer Nährpflanzen in Formen leben, zu morphologischen Bildungen übergehen, welche in den Nährpflanzen gar nicht beobachtet werden.[1] Das Dogma von dem unfehlbaren Parasitismus, welches bis zu meinen Untersuchungen eine weit verbreitete und noch unerschütterte Geltung gewonnen hatte, konnte hier mit Sicherheit als unzutreffend und unrichtig dargelegt und der Beweis geliefert werden, dass nur eine befangene Auffassung die bisherigen Anschauungen über den Parasitismus beherrschte, nach welcher die parasitischen Pilze Parasiten von Gottes Gnaden seien, also ausschliesslich und allein auf bestimmte Nährpflanzen und auf bestimmte Teile von diesen für ihre Entwickelung angewiesen sein sollten. Schon in den allmählichen Abstufungen des Parasitismus resp. in den Steigerungen der Anpassung der parasitisch lebenden Pilze an ihre Wirte, wie sie zwischen den Parasiten und ihren Nährpflanzen in den hier angeführten Fällen klar zum Ausdruck gekommen, liegt die natürlichste und sicherste Aufklärung dafür vor, dass die parasitisch lebenden Pilze aus ursprünglich saprophytischen Pilzformen hervorgegangen sind, und dass diese Formen sich allmählich in ihrer Lebensweise mehr und mehr an lebendige Organismen und an die Ernährung in diesen angepasst haben. Die verschiedenen Formen des Parasitismus lösen sich hiernach zu einer interessanten Reihe von Einzelfällen auf, in welchen sich das jeweilige Verhältnis in dem Zusammenleben zwischen Wirt und Parasit einfach und natürlich ausprägt.

Die Keimung der Pilzsporen in Wasser. Die kleinen, an Substanz armen Sporen der Pilze sind für ihre Keimung und weitere Entwickelung so kärglich als möglich von dem mütterlichen Organismus ausgestattet. Die Sporen finden die Hülfsmittel für ihre Keimung und ihre Ernährung in der Natur allerorten in den organischen Substanzen vor, welche von Pflanzen und von Tieren zurückbleiben, von welchen sie zu leben angewiesen sind. Es würden die Hülfsmittel der Pilzsporen für ihre leichte und weite Verbreitung, welche vorzugsweise in ihrer Leichtigkeit und in ihrer Kleinheit gegeben sind, nicht zur Wirkung kommen können, wenn die Sporen mit Reservestoffen für ihre spätere Entwickelung belastet resp. reicher ausgestattet wären, wie wir es bei den Fort-

---

[1]) l. c. der Untersuchungen über die Brandpilze im V., XI., XII. und XIII. Teile dieses Werkes.

pflanzungsformen der übrigen Pflanzenwelt anzutreffen gewohnt sind. Wir können es hiernach nur natürlich finden, dass die Keimung der Pilzsporen in blossem klaren Wasser, in welchem sie der Beobachung in ungetrübter Weise zugänglich sind, entweder gar nicht oder nur in eng beschränktem Umfange erfolgen kann. Wir finden denn auch in Keimversuchen im Wasser höchstens die ersten Anfänge einer Keimung vor oder eine völlige Passivität der Sporen, die hier zu keiner Entwickelung gelangen können.

Von dieser fast allgemeinen Regel machen indes eine Anzahl von Pilzporen eine Ausnahme. Es sind dies Formen, welche grössere Sporen ausbilden, und häufig Formen, welche parasitisch leben, und welche aus eigenen Hülfsmitteln das erste Eindringen ihrer Keime in die Nährpflanzen besorgen müssen. Wir haben zunächst bei den parasitisch lebenden Formen der Peronosporeen, welche den Algen-ähnlichen Pilzen angehören und noch die morphologischen Charaktere der im Wasser lebenden Algen beibehalten haben, Sporenbildungen in grösseren Conidien, welche in blossem Wasser leicht und mit langen Keimschläuchen auskeimen. Dieselben Conidien sind aber bei einer Anzahl von Formen der Gattung Plasmopara noch befähigt, den früheren Charakter als Sporangien anzunehmen und in ihrem Inneren eine mehr oder minder grosse Anzahl von in Wasser beweglichen Schwärmsporen, von Zoosporen auszubilden. Die Sporen keimen also in blossem Wasser entweder mit langen Fäden oder fructificativ mit der Bildung von Zoosporen aus.[1]) — In ähnlicher Weise wie die Sporen bei den Peronosporeen verhalten sich auch die Sporen mancher *Saprolegniaceen,* die parasitisch auftreten, und namentlich auch die Conidiensporen von Entomophthoreen, welche schon in feuchter Luft mit der Bildung von Secundärconidien auskeimen, z. B. Empusa Muscae, Conidiobolus utriculosus.[2]) Wir haben dann weiter bei den Formen der Ascomyceten eine Reihe von Fällen, wo die relativ grossen Ascosporen in Wasser zur Auskeimung gelangen. Ich erinnere hier nur an die Sporen verschiedener Pezizen, z. B. Peziza vesiculosa, welche im Wasser einen sehr kurzen Fruchtträger

---

[1]) Diese Sporenkeimungen in Wasser bei den Peronosporeen sind von de Bary zuerst beobachtet und beschrieben worden. Recherches sur quelques champignons parasites. Ann. sc. nat. Tome XX. 4. Serie 1863.

[2]) Die Abhandlungen über Empusa im IV. und über Conidiobolus im VI. Teile dieses Werkes.

bilden, an dessen Spitze sich ein Köpfchen mit kleineren Sporen, den Conidien,[1]) ausbildet, welche für die Verbreitung in der Luft durch ihre Kleinheit ausgestattet sind und den weiteren Vertrieb des Pilzes besorgen. Wir haben andere Fälle von Ascomyceten, in welchen die in den Ascen angelegten Sporen schon im Ascus auskeimen, hier zur Bilduug von Conidien übergehen, welche unter Umständen in solcher Menge zur Ausbildung gelangen, dass der Ascus mit ihnen vollständig angefüllt ist.[2]) Die Ascosporen keimen hier frühzeitig in dem Cytoplasma des Ascus aus, und diese hier schon im Ascus sich vollziehenden Keimungserscheinungen der Sporen, welche mit einer Massenbildung von Conidien im Ascus verbunden sind, haben wohl mit dazu beigetragen, den morphologischen Wert eines Ascus mit regelmässiger, typischer Sporenzahl zu verdecken und zu missdeuten.

Wir haben in vielen anderen Fällen, namentlich bei den Formen der Ascomyceten, zwar keine fructificative Auskeimung der Ascosporen, wohl aber Keimungserscheinungen an Sporen durch Teilungsvorgänge, welche zur Bildung vielzelliger, oft mauerförmig geteilter Sporen führen können.[3]) Mit dem Begriffe der Spore ist die Einzelligkeit untrennbar verbunden. Vielzellige Sporen sind immer solche, welche durch weitere Teilungen, die man als Keimungserscheinungen deuten muss, vielzellig geworden sind, bei welchen freilich oft der Dauerzustand nicht mit der ersten Anlage der einzelnen Spore, sondern erst weiter einzutreten pflegt, wenn die Sporen im Ascus vielzellig geworden sind, also durch Keimungserscheinungen den einzelligen Zustand bereits verloren haben. Vielzellige Sporen gibt es nicht, das ist ein Unding. Die Sporen sind immer einzellig, und vielzellige Sporen sind solche, welche durch frühest eintretende Keimungserscheinungen in den vielzelligen Zustand übergeführt worden sind.

Auch bei einer Anzahl von Formen der Basidiomyceten treffen wir die Ausbildung grosser, früh keimender Sporen an. Es sind hier besonders die

---

[1]) Diese fructificativen Sporenkeimungen sind schon von Tulasne beobachtet und abgebildet worden in seiner Carpologie; man vergl. weiter Text und Abbildungen über P. vesiculosa im X. Bande d. W. pag. 333.

[2]) Man vergleiche hierzu die Tafeln Band IX und X des vorliegenden Werkes.

[3]) Die geteilten Formen von Ascosporen finden sich in beliebigen illustrierten Arbeiten über Ascomyceten vor. Sie sind in den verschiedensten Formen wiedergegeben auf den Tafeln des X. Bandes d. W.

Sporen der Dacryomyceten unter den Autobasidiomyceten und ebenso die grossen Sporen der Tremellinen unter den Protobasidiomyceten zu nennen.[1]) Bei den Dacryomyceten, den Formen von Dacryomyces, werden die Basidiensporen auf langen Sterigmen gebildet. Die ursprünglich einzelligen Sporen werden durch wiederholte Zweiteilung vier- bis vielzellig. Es können diese Keimungserscheinungen auch schon auf dem Sterigma eintreten oder erst dann erfolgen, wenn die Sporen abgefallen sind. Auch mauerförmig geteilte Sporen werden hier durch die ersten Keimungserscheinungen gebildet, und nach erfolgten Teilungen können wir verfolgen, wie die einzelnen Zellen unter günstigen Keimbedingungen auskeimen und kleine Conidienköpfchen bilden, welche in dichtem Gedränge die geteilten Sporen oft umhüllen. Bei den Tremellinen haben wir den gleichen Fall. Hier werden bei den Formen der Gattung Tremella zumeist noch ohne Teilungen die Sporen gebildet, welche Conidien abschnüren. Bei den Gattungen Ulocolla, Exidia, Auricularia werden die abgefallenen Sporen geteilt und an den Teilzellen an feinen Spitzen bald stäbchenförmige, bald sichelförmig gebogene Conidien erzeugt.

Bei einer besonderen Sporenform der Pilze, welche ich als Chlamydosporen bezeichnet habe, ist die fructificative Keimung der Sporen in Wasser die ursprüngliche und natürliche Art der Auskeimung. Bei diesen Mantelsporen, welche man schon bei den niederen Fadenpilzen, den Phycomyceten, in vollkommner Ausbildung antrifft und welche von da bei allen höheren Pilzformen und schliesslich auch bei den höchsten Formen der Ascomyceten und der Basidiomyceten in der gleichen Form anzutreffen sind, ist die Art der Bildung dadurch charakterisiert, dass in natürlichem Gange der Entwickelung, die bis zur Anlage der Fructification fortgeschritten ist, eine Unterbrechung eintritt, dass die angelegte Fructification einen Dauerzustand in Sporenform annimmt, und dass in dieser Form des Dauerzustandes gleichsam eine künstliche Einschaltung von Sporen in den Entwickelungsgang erfolgt ist. Die Chlamydosporen, also die Anlagen zur Fructification, sind natürlich mit Nährstoffen für die Sporenbildung reich ausgestattet, und es versteht sich, wenn man den Gang der Bildung richtig verfolgt und richtig verstanden hat, eigentlich ganz von selbst, dass die Sporen, wenn sie nachträglich unter Bedingungen geraten, in

[1]) Man vergleiche hierzu die Abbildungen auf den Tafeln des VII. Bandes dieses Werkes: Protobasidiomyceten und Dacryomyceten.

welchen sie die unterbrochene Entwickelung fortzusetzen imstande sind, diese alsbald vollziehen und fructificativ auskeimen, also die mit der Chlamydosporenbildung eingetretene Unterbrechung der Entwickelung fortsetzen und nun zur Fructification übergehen. Diese Bedingungen sind schon erfüllt, wenn die Chlamydosporen den Dauerzustand überwunden haben und dann hinreichende Feuchtigkeit, also blosses Wasser, für die Auskeimung vorfinden.

Die Chlamydosporen sind schon bei den Mucorinen in der von mir besonders abgetrennten Formreihe von Chlamydomucor[1]) in höchster Vollendung ausgebildet. Die Chlamydosporen treten hier in den Mycelien auf als Anlagen zur Bildung der Fruchtträger. Die Anlagen unterbrechen den Gang ihrer Entwickelung, nehmen durch verdickte Membranen Sporenform an, holen aber die weitere Entwickelung, wenn sie in Wasser gelangen, bald nach, und aus jeder Chlamydospore entwickelt sich dann ein kleiner Fruchtträger. Der Dauerzustand der Chlamydosporen ist hier noch weniger scharf ausgeprägt, und darum erfolgt die Keimung der Sporen in Wasser unmittelbar.

Bei weiteren Formen von Chlamydosporenbildung, wie wir sie unter den Hemiasci bei Protomyces[2]) beobachten und wie sie bei den Hemibasidii unter den Brandpilzen[3]) ganz allgemein erfolgt, ist der Dauerzustand der Chlamydosporen und damit ihr Charakter als Sporen schärfer und bestimmter in der Formbildung ausgeprägt. Die Sporen bekommen hier dicke Membranen, deren äusserste Schichten meist verkorken und sich dunkel färben und die Sporen widerstandsfähig gegen äussere Einflüsse machen. Bei diesen Sporen sind die Dauerzustände bis zur Keimung länger, und die Keimung erfolgt oft erst nach längerer und bestimmter Zeit der Ruhe. Bei der Keimung von Protomyces werden

---

[1]) Die hierzu gehörigen Abbildungen finden sich auf Tafel VII des VIII. Bandes d. W. Autobasidiomyceten und noch ausführlicher in meiner Abhandlung über die Verbreitung der Alkoholgärung im Pflanzenreiche. Landwirtschaftliche Jahrbücher von H. Thiel, V. Jahrgang 1876. — Ebenso kann ich hier noch auf meine Untersuchungen über eine neue Form von Chlamydomucor, Chl. macrocarpus hinweisen, welche in vorläufiger Mitteilung in den Sitzungsberichten der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur (1901), Über Chlamydosporenbildung bei den Fadenpilzen, enthalten sind und demnächst in dem XV. Teile d. W. mit Abbildungen zur Veröffentlichung kommen werden.

[2]) Die Arbeit über Protomyces ist in dem IX. Bande d. W. mit den zugehörigen Abbildungen einzusehen, wo auch die ältere Literatur verwertet ist.

[3]) Man vergleiche hierzu die Tafeln im V. und XII. Bande d. W., Brandpilze I und III.

Sporangien so zu sagen im Inneren der Chlamydosporen gebildet. Bei den Chlamydosporen der Brandpilze, der Ustilagineen, werden kleine Fruchtträger ausgebildet, welche aus den Sporen hervortreten und hier schon die ganz bestimmte Formbildung der Basidien, der höheren Basidiomyceten, zeigen und welche zur Abschnürung von kleinen Sporen übergehen, von welchen die weitere Verbreitung ausgeht. Die Keimung dieser Chlamydosporen erfolgt in reinem Wasser, und wenn sie nicht gleich erfolgt, so liegen hier Anpassungen bezüglich der Dauerzeit, der Ruhe bis zur Keimung, vor.

Bei den höchsten Pilzformen, den Ascomyceten einerseits und den Basidiomyceten andererseits, treffen wir die Chlamydosporenbildung nicht selten an. Hier sind sogar namentlich bei den Uredineen unter den Protobasidiomyceten die Chlamydosporen in mehreren, oft in drei Formen ausgebildet, von welchen aber nur eine fructificativ auszukeimen pflegt.[1]) Es sind dies die Teleutosporen der Uredineen, welche mit der Bildung einer Protobasidie auszukeimen pflegen, deren Ausbildung mit der Anlage der Teleutosporen unterbrochen wurde. Die Keimung der Teleutosporen erfolgt in blossem Wasser, allerdings auch hier zumeist erst nach Überwindung einer Ruhezeit. Diese Pilze sind Parasiten wie die Brandpilze, sie leben auf bestimmten Nährpflanzen, und die Keimung der Chlamydosporen[2]) erfolgt in der Regel zu der Zeit, wo die Nährpflanzen oder deren Keimlinge im angriffsfähigen Zustande in der Natur vorhanden sind. Bei den Autobasidiomyceten ist die fructificative Auskeimung der Chlamydosporen zumeist erloschen. Wir treffen aber hier die Chlamydosporen in Oidienform und in eigentlichen Chlamydosporen an und können die eigentümliche Verschiebung beobachten, dass mit abnehmender Grösse und dem Erlöschen der fructificativen Auskeimung auch die Keimungsfähigkeit in Wasser zunächst schon erloschen ist.[3])

---

[1]) In meiner Abhandlung „Die Chlamydosporenbildung bei den Uredineen“ im VIII. Bande d. W. pag. 229 sind die diesbezüglichen näheren Ausführungen niedergelegt und begründet.

[2]) Die Keimung der Chlamydosporen bei den Uredineen ist ebenso wie die Keimung der Brandsporen in Wasser in den fünfziger Jahren des vor. Jahrh. von Tulasne zuerst beobachtet und in den Ann. sc. nat. 3. Serie, Tome 7 1847 und 4. Serie, Tome 2 1854 durch Abbildungen erläutert worden.

[3]) Die Oidien- und Chlamydosporenbildung bei den Autobasidiomyceten ist ausführlich behandelt und durch Abbildungen erläutert in dem VIII. Bande d. W.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass die fructificative Auskeimung der Sporen in Wasser bei den verschiedenen Formen der Brand- und Rostpilze, wie schon angeführt, zuerst von Tulasne festgestellt und zu vergleichenden Untersuchungen zusammengefasst ist, welche man als die ersten Anfangs- und Ausgangspunkte für eine rationelle und methodische Kultur der Pilzsporen überhaupt bezeichnen muss.

Es gibt nun aber auch bei den niederen Pilzen geschlechtlich erzeugte Sporen, Zygosporen und Oosporen, in welchen Nährstoffe für die Vorgänge der Keimung reichlich angehäuft sind. Zur Verbreitung der Pilzformen können diese grossen Zygo- und Oosporen kaum dienen, sie dienen vielmehr zur Erhaltung der Form, bis ihre Keimung in Wasser erfolgt, für welche dann die reichlich in ihnen angehäuften Reservestoffe eine Verwendung finden. Die Keimung ist hier eine fructificative, sie erfolgt in blossem Wasser, wenn die Ruheperiode überwunden ist, sie erfolgt fructificativ mit der Bildung von Fruchtträgern oder Sporangien mit Sporen, eventl. auch mit Conidienträgern, wenn die zugehörigen Formen die Sporangienbildung auf Schliess-Sporangien, d. h. auf Conidien, eingeschränkt haben.[1])

Da für diese Keimungen in blossem Wasser bei den verschiedenen Chlamydosporen und bei den Zygo- und den Oosporen Nährstoffe nicht in Verwendung kommen, handelt es sich nur darum, das Sporenmaterial, welches zur Keimung verwendet werden soll, so lange in gesicherter Pflege zu erhalten, bis die Keimungsfähigkeit eingetreten ist und die Keimung in Wasser erfolgt. Um dies zu erzielen, sind alle Störungen für die Einmischung fremder Pilzkeime abzuhalten, und dies geschieht am besten in der Art, dass man die betreffenden Sporen von den Substraten rein entnimmt und dann in reinem, ausgekochtem Wasser auf sterilisierten Objektträgern in einem feuchten Raume auslegt. Ich komme auf weitere Einzelheiten bezüglich dieser Keimungsversuche sogleich noch einmal zurück. — Es mag nur noch angeführt werden, dass es besonderer Sorgfalt bedarf, diejenigen Sporenformen, welche nicht gleich auskeimen, sondern erst nach einer Ruheperiode zur

---

[1]) Die Keimung der Zygosporen von den verschiedenen Formen der Zygomyceten ist auf den Tafeln des I. und IV. Bandes d. W. dargestellt. Die Keimung von Oosporen findet sich in den Beiträgen zur Morphologie der Pilze, Heft V von de Bary angegeben und abgebildet.

Auskeimuug zu bringen sind, ohne Störung aufzubewahren. — Bei den Chlamydosporen resp. den Teleutosporen der Rostpilze ist es das natürlichste, die Dauersporen, welche zumeist krustenartige Überzüge an den befallenen Nährpflanzen bilden, draussen im Freien unter den atmosphärischen Einflüssen zu belassen, bis mit der nächsten Vegetationsperiode der Zustand der Auskeimung erreicht ist. Hier übernimmt gleichsam die Natur die Aufbewahrung der Sporen unter Umständen, welche für die Herbeiführung des Keimungszustandes notwendig sind.

Bei den Chlamydosporen der Brandpilze liegen aber schon die Verhältnisse wesentlich anders, und wenn hier die Brandsporen für ihre Keimung auf eine bestimmte Zeit angepasst sind, die Keimung aber erst nach Überwindung einer Ruheperiode erfolgt, so wird es nötig, das Sporenmaterial von den Nährpflanzen im reinen, zunächst abgeschlemmten und dann auf der Centrifuge wiederholt gereinigten Zustande mit weissem, sterilisiertem Glassande zu vermischen, den Glassand in einem mit nassem reinen Kies-Sande gefüllten Topf auf der Oberfläche sorgfältig auszulegen, den Topf von unten mit sterilisiertem Wasser an einem kühlen, genügend beleuchteten Orte aufzustellen und feucht zu erhalten und dann, damit der feuchte Sand mit den Sporen von oben nicht austrocknet, ein Siebchen 3 cm hoch über dem Sande anzubringen, auf dem rein ausgewaschenes, feuchtes Moos ausgelegt ist. Wir sind nun imstande, in kurzen Perioden von dem mit den Sporen gemischten Sande der Oberfläche Proben zu entnehmen und zuverlässig festzustellen, wann die Keimung der Sporen in Wasser eintritt. Die Sporen sind von dem Glassande leicht abzutrennen. Wenn man mit sterilisierten Objektträgern und Nadeln und ausgekochtem Wassser operiert, können keinerlei Störungen in die Kulturen hineinkommen.

Auch bei den Zygosporen und den Oosporen der niederen Pilze erfolgt die Keimung der Sporen, die zumeist mit sehr dicken Membranen ausgestattet sind, erst nach mehr oder minder langer Ruhezeit. Die Sporen dürfen auch hier während dieser Ruheperiode nicht oder nur kurze Zeit in ganz trockenem Zustande aufbewahrt werden. Sie müssen, bis die Keimung erfolgt, feucht gehalten sein, und dies wird bei grossen Zygosporen mit verhältnismässiger Leichtigkeit erreicht in der schon angedeuteten Aufbewahrung auf feuchtem, sterilisiertem Glassande. Wenn aber das Zygosporenmaterial nur kärglich zur Verfügung steht und die Zygosporen sehr klein sind, entspricht es der Vorsicht, die Keimung der kleinen Sporen, z. B. von Chaetocladium und

Piptocephalis, auf sterilisierten Objektträgern zu versuchen. Es gelingt dies leicht, wenn man die Sporen auf der Mitte eines Objektträgers auslegt, aus in Alkohol sterilisiertem, vorher angefeuchtetem Fliesspapier einen nicht zu dicken Bausch, der in der Mitte ein Loch resp. eine Brille hat, überlegt und nun das Ganze mit einem zweiten Objektträger, besser noch mit einem grossen Deckglase, überdeckt. Es bleiben unter diesen Umständen die Zygosporen in einem feuchten Raume, wie er für die Vorbereitung zur Keimung und die endliche Auskeimung am günstigsten ist, gegen alle störenden Einflüsse gesichert, und es genügt vollständig, wenn man von Zeit zu Zeit einige Tropfen ausgekochten Wassers an den Bausch des umgebenden Fliesspapieres anträufelt und das Ganze unter einer Glasglocke auf einem Leiterchen von Zinkblech, welches auf einem Teller ruht, der unten mit sterilisiertem Wasser versorgt wird, aufstellt. Ich habe in dieser Art die Auskeimung der Zygosporen von Piptocephalis und Pilobolus anomalus, von welchem das Material nicht sehr reichlich vorhanden war, mit aller Sicherheit erreicht.

In der gleichen Weise werden auch am besten die Oosporen von Peronosporeen behandelt, von welchen in der Regel nicht allzu ausgiebiges Material von den zugehörigen Nährpflanzen vorliegt. Man legt die betreffenden Pflanzenteile mit den Oosporen zunächst während der Dauer des Winters in sterilisiertem, feuchtem Glassande an einem genügend geschützten Orte im Freien aus. Im Frühjahr lassen sich dann die Sporen von dem umgebenden Gewebe der Nährpflanzen leicht freimachen, und es genügt nun meistens ein nur kurzer Aufenthalt auf sterilisierten, von feuchtem Fliesspapier umgebenen Objektträgern, um die Keimung zu erreichen. — Auch bei den Sporen der Entomophthoreen ist zunächst ein Aufenthalt in feuchtem Glassande während der Winterzeit geeignet, um die Keimung vorzubereiten. Sie tritt in der folgenden Vegetationsperiode, wenn die vom Sande gereinigten Sporen auf Objektträgern feucht ausgelegt sind, zumeist leicht ein. Bei Conidiobolusformen habe ich[1]) die Oosporen auf den Objektträgern ganz belassen, auf welchen sie in den Kulturen in Nährlösungen gebildet waren. Die Objektträger wurden nur für einen oder für zwei Monate in der beschriebenen Weise feucht gehalten, und dann trat die Keimung regelmässig ein.

---

[1]) Die Oosporenkeimungen sind auf Tafel 2—5 des VI. Teiles dieses Werkes abgebildet.

Diese Form der Kultur auf Objektträgern hat den Vorzug, dass man in jedem Augenblicke mit dem Mikroskop beobachten kann, ob die Keimung eingetreten ist oder noch nicht. Die kurze Beobachtungszeit schadet der weiteren Kultur der Sporen im feuchten Raume unter einer Glocke nicht im mindesten.

Bei den in Wasser lebenden Saprolegniaceen, welche in der einen Hälfte auf Insektenleibern, in der anderen Hälfte der Formen auf beliebigen vegetativen Substraten unter Wasser leben, muss die Aufbewahrung der Oosporen bis zu ihrer Keimung unter den gleichen Verhältnissen erfolgen, in welchen sich diese Sporen auch in der Natur befinden. Sie werden unter Wasser gebildet und bleiben bis zu ihrer Keimung unter Wasser. Wir müssen also die Oosporen auch während ihrer Ruhezeit, namentlich während der Dauer des Winters, unter Wasser an einem kühlen Orte belassen und dann im Frühjahr, wie es sich schon mit starken Lupen leicht beobachten lässt, den Eintritt der Keimung im Wasser verfolgen. Ich habe so die Keimung der Oosporen von verschiedenen Formen der Saprolegnia und der Achlya mit aller Sicherheit beobachten können. — Dasselbe Verfahren ist aber auch notwendig bei den Formen der Ustilagineen, welche auf Wasserpflanzen vorkommen, z. B. der Form von Doassansia. Man belässt die von den Pilzen befallenen Pflanzenteile, z. B. von Alisma und Sagittaria, in welchen sich die grösseren Fruchtkörper mit den Brandsporen vorfinden, unter Wasser oder legt sie in recht feuchtem Sande an einem kühlen Orte im Keller aus. Die in den Anfängen des Frühjahres aus dem Gewebe leicht befreiten Sporenhaufen lässt man weiter im Wasser, bis, so mit der Lupe leicht verfolgbar, die Keimung des fest zusammen geschlossenen Sporenhaufens eintritt. Sie erfolgt unter Wasser und zwar so reichlich, dass der Sporenhaufen von den sämtlich auskeimenden Sporen resp. den Conidien, wie von einem Schimmelbelag dicht eingehüllt ist.[1])

In allen bisher besprochenen Fällen handelte es sich um Sporenbildungen und deren Keimung in blossem Wasser. Es gibt aber auch eine Anzahl von Fällen bei höheren Pilzen, bei den Ascomyceten und den Basidiomyceten, wo Fruchtkörperanlagen, bis zu einem bestimmten Punkte gefördert, ein Ruhestadium durchmachen, nach dessen Überwindung diese Fruchtkörper in blossem Wasser ihre Entwickelung

---

[1]) Die näheren Einzelheiten sind in meiner Abhandlung Doassansia im XII. Teile d. W. einzusehen.

bis zum vollendeten Abschlusse fortsetzen. Bildungen dieser Art liegen bei den Ascomyceten, z. B. in den Fruchtkörpern von Penicillium glaucum, vor, welche, bis zu ihrer vollen Grösse fortgeschritten, vom mütterlichen Organismus abgetrennt werden, einen Dauerzustand in Sclerotiumform durchmachen, um weiterhin nach geeigneter Aufbewahrung auf feuchten Substraten unter der Mithülfe von blossem Wasser die Entwickelung fortzusetzen und mit der Ausbildung von Ascenfructification abzuschliessen. Ich habe diese Sclerotien, die bis dahin niemals beobachtet wurden, durch günstige Kultur in den geeigneten Substraten, die ich weiterhin noch ausführlicher beschreiben werde, in grossen Massen gewonnen und die Entwickelungsgeschichte des Penicillium erschöpfend aufgeklärt.[1]) Die gewonnenen Sclerotien in der Grösse eines Nadelkopfes werden, wenn ihr Reifezustand eingetreten und damit ihre Lostrennung von Substraten leicht möglich ist, mit aller Vorsicht gereinigt, dann eine kurze Zeit noch in reinem Wasser aufbewahrt und schliesslich auf sterilisiertem Fliesspapier in einem verdeckten Uhrglase ausgelegt. Die Keimung der Sclerotien tritt nun nach 8—10 Wochen mit aller Sicherheit ein. Zentrale Fäden im Inneren des Sclerotiums beleben sich wieder, treiben fädige Seitensprosse und bilden sich, von den umgebenden sterilen Gewebezellen des Sclerotiums ernährt, zu Askenketten aus, welche schliesslich zerfallen, durch Auflösung der Askenwände die Sporen freimachen, die endlich das ganze Innere des Sclerotiums bis auf seine verkorkten äusseren Wandschichten anfüllen.

Die für die Entwickelung der Fruchtkörper von Penicillium festgestellten Tatsachen entsprechen den Erfahrungen, soweit sie bis jetzt über die Entwickelung der grossen Fruchtkörper der Tuberaceen, also der Trüffeln, vorliegen. Die in der Erde aufgefundenen Trüffeln entwickeln sich im Innern zu Ascen bildenden Hyphen aus, welche das innere Gewebe des Fruchtkörpers verzehren. Im Reifezustande füllen die Ascensporen nach Auflösung der Ascen die Fruchtkörper bis auf die äussere verkorkte Peridie aus, wie es bei dem allverbreiteten Elaphomyces leicht zu konstatieren ist. Die Sporenreife der Fruchtkörperanlagen vollzieht sich in allen Fällen unabhängig von den Mycelien, an

---

[1]) Die Entwickelungsgeschichte von Penicillium, die Anlage von Sclerotien und deren Auskeimung zu Ascusfrüchten auf feuchtem Substrat ist in dem II. Teile d. W. ausführlich beschrieben und abgebildet.

welchen hier in noch unbekannter Art die Fruchtkörper unter der Erde angelegt werden.

In einem etwas späteren Stadium der Entwickelung werden die Fruchtkörper von anderen Ascomyceten, z. B. der Erysipheen, in den Dauerzustand übergeführt, während sie noch an ihren Substraten befestigt sind. Sie fallen mit den betreffenden Pflanzenteilen, meist Blättern, auf welchen die Mehltaupilze parasitieren, zur Erde und bleiben in dem im Herbste erreichten Zustande, der schon die Anlagen von Ascen mit den Sporen zeigt, bis zum Frühjahr unverändert liegen, um dann erst die Reifung der Ascen mit ihren Sporen zu vollziehen, die Fruchtkörperwand aufzusprengen und durch Aufplatzen der Ascen die Sporen zu entlöschen. Will man die Beobachtungen hier durchführen, so muss man das Material mit den Perithecien an einem gesicherten Orte im Freien belassen, im Frühjahr die Perithecien freimachen, um dann auf Objektträgern den weiteren Gang der Entwickelung bis zum Aufplatzen der Früchte und der Entlöschung der Sporen aus den Ascen verfolgen zu können. Zur Vollendung der letzten Reife der Fruchtkörper ist nichts notwendig, wie reines Wasser, und es bedarf nur der genügenden Vorsichtsmassregeln, die letzten Stadien der Entwickelung im Frühjahr ohne Störung sich vollziehen zu lassen.

Abgesehen von den fructificativen Bildungen bei den Pilzen und ihrer weiteren Kultur in blossem Wasser, gibt es nun auch rein vegetative Erzeugnisse bei den Pilzen, die schon lange den Namen Sclerotien führen und durch verschiedene und eigenartige Formbildungen ausgezeichnet sind. Diese generell als Sclerotien bezeichneten Bildungen bei den Pilzen keimen ohne weitere Hülfsmittel in reinem Wasser aus auf Kosten der reichen Nährstoffe, welche in ihnen angehäuft sind. Sie erreichen in einzelnen Fällen eine riesige Grösse, und die grossen Sclerotien von ausländischen Basidiomyceten mit grossen Fruchtkörpern können die Dicke einer Faust oder eines Kindskopfes und das Gewicht von $^1|_4$ bis $^1|_2$ kg erreichen. Die kleineren, bei uns vorkommenden Bildungen sind sowohl bei den Formen der Ascomyceten wie bei den Basidiomyceten beobachtet worden. Bei den Ascomyceten ist das Mutterkorn, das im Getreide und auch in anderen Gräsern vorkommt, die auffälligste Erscheinung dieser Art. Die im Fruchtknoten des Roggens üppig vegetierenden Mycelfäden verflechten sich nach Beendigung der vorher reichlich erfolgten Conidienbildung durch starke Verzweigung eng und dicht und bilden schliesslich einen grossen hornförmigen Körper aus, dessen äussere Fadenschichten sich gewebe-

artig zusammenschliessen und dann eine Verkorkung erfahren. Die inneren, ungefärbten Hyphen des Sclerotiums sind nur selten gewebeartig verbunden, aber mit dichtem Inhalte von fettigen Reservestoffen angefüllt. Diese rein vegetativen Bildungen machen einen Ruhezustand bis zum folgenden Jahre durch und keimen in feuchter Erde resp. mit Hülfe hinreichender Befeuchtung im Boden zu dem bekannten Mutterkornpilz, Claviceps purpurea, aus. Schon Tulasne und Kühn[1]) haben diese Auskeimung der Sclerotien im Frühjahre beobachtet. Man erreicht sie mit aller Sicherheit, wenn man die in den Getreideähren auffälligen Sclerotien sammelt und während 2 bis 3 Monate an einem kühlen Orte langsam und vollständig austrocknen lässt. Der in dieser Art geförderte und ausgereifte Sclerotienzustand muss nun aber bald durch Aufbewahrung in feuchtem Sande wieder unterbrochen werden. Man legt die Sclerotien, die man vorher durch Abwaschen gereinigt hat, in ausgewaschenem, sterilisiertem Kiessande 2 bis 3 cm tief aus und stellt, so gegen Insektenfrass gesichert, die in Töpfen mit dem feuchten Sande gut verwahrten Sclerotien während der Winterzeit im Keller auf. Schon mit dem ersten Frühjahr oder auch bei der Aufbewahrung an einem wärmeren Orte, oft schon im Januar, treten die Keimungserscheinungen an den Sclerotien ein, die man nun zur besseren Beobachtung aus dem Sande herausnehmen und auf feuchtem Kiessande in einer Krystallisierschale zur besonderen Beobachtung auslegen kann. Die Keimung schlägt niemals fehl, selbst kleine Stückchen von Sclerotien keimen zu Fruchtkörpern aus. Tiefer in feuchter Erde aufbewahrte Sclerotien können, wenn sie an einem kalten Orte gehalten werden, ein Jahr und noch längere Zeit die Keimung überschlagen und noch im zweiten und dritten Jahre zur Auskeimung gelangen. Auch Sclerotien, welche ein ganzes Jahr trocken aufbewahrt und dann erst ausgelegt werden, keimen noch, aber nur vereinzelt aus, und langsamer als sonst; sie zeigen offenbar eine Abschwächung der Keimungsfähigkeit durch diese nicht zutreffende Art der Aufbewahrung.[2])

Es sind viele Formen von Sclerotien auf Nährpflanzen gefunden worden, welche alle, richtig behandelt, in kürzerer oder längerer Zeit zur Auskeimung

[1]) Tulasne, Sur l'ergot. Ann. sc. nat. 3. Sér. T. XX, p. 5. Kühn, Mitt. des landw. Institutes in Halle I, 1863.

[2]) Die hier angegebenen Einzelheiten über die Keimung der Sclerotien des Mutterkornpilzes habe ich schon in den 70er und 80er Jahren des vor. Jahrh. festgestellt, aber bisher zu veröffentlichen unterlassen.

gelangen. — Bei einer Gruppe von Ascomyceten, die man als Sclerotinien zusammengefasst hat, ist die Bildung der Sclerotien ebenfalls regelmässig, wie beim Mutterkornpilze, in den Entwickelungsgang eingeschlossen. Die bald in den Früchten und in der Fruchtform der höheren Pflanzen, z. B. der Beeren von Ericaceen, bei der Sclerotinia baccarum[1]), auftretenden, bald an den Axenteilen der Pflanzen, z. B. bei der Sclerotinia tuberosa, auf den Rhizomen von Anemone nemorosa, ausgebildeten, grossen Sclerotien sind auf das leichteste zur Auskeimung resp. zur Bildung der Becherfrüchte zu bringen. Man legt die Sclerotien, nachdem sie zunächst völlig ausgetrocknet und völlig ausgereift sind, in feuchtem Kiessande 1 bis 2 cm tief aus und hält sie in dem stetig angefeuchteten Sande während der Dauer des Winters, bis im Frühjahr die Keimung eintritt. Zur Anfeuchtung des Sandes von oben kann man auch hier ausgewaschenes und angefeuchtetes Moos zur Überdeckung zweckmässig verwenden. Die Sclerotien von Sclerotinia Sclerotiorum keimen aber sehr bald nach ihrer Ausbildung und Reife aus, wenn sie nur in feuchtem Sande ausgelegt sind. Es werden hier bei den grossen Sclerotien, die man in unbegrenzten Mengen und in allen Grössen auf künstlichen Substraten aus den üppigen Mycelien des Pilzes leicht erziehen kann, mit der Auskeimung eine ganze Anzahl von Keulen gebildet, die, oft mehr als 50 an Zahl, aus allen Teilen des Sclerotiums ausgetrieben werden. Die Keulen werden aber meist nur dann zur vollendeten Ausbildung gefördert, wenn die Sclerotien in feuchtem, mit sterilisierter Humuserde durchsetztem Sande zur Keimung ausgelegt sind.[2]) Es treten nun die Spitzen der Keulen frei über den Sand hervor und verbreitern sich zur Becherform, während auf der Innenfläche die zahlreich gebildeten Ascen zur Entleerung kommen. Die Keimung ist hier so leicht, dass es schwer hält, sie nicht zu erreichen. Die Ausbildung der Keulen bis zur Reife der Becher ist dagegen nur dann sicher zu erzielen, wenn die Sclerotien in humusreicher Erde zur Auskeimung ausgelegt sind. Auch diese Sclerotien können einen zweijährigen Dauerzustand in trockener, knochen-

---

[1]) Die Keimung der Sclerotien, welche in den Fruchtknoten resp. in den Beeren von verschiedenen Ericaceen und Amygdalaceen vorzukommen pflegen, sind von Woronin in den Mémoires de l'Acad. St. Pétersbourg, VII. Série. Tome XXXVI ausführlich beschrieben und abgebildet worden.

[2]) Die Kultur von Sclerotinia Sclerotiorum in künstlichen Substraten und die Keimung der Sclerotien habe ich ausführlich beschrieben und abgebildet in dem IV. Bande d. W., pag. 112, Tafel VIII und IX.

harter Form durchmachen and gelangen, wieder aufgeweicht und ausgelegt, ohne Verzögerung zur Auskeimung. Bei grossen Sclerotien werden hunderte von Keulen in steter Folge ausgebildet, bis endlich eine Erschöpfung des Nährgewebes in den Sclerotien eingetreten ist.

Die Sclerotien bei den Basidiomyceten in den Formen von Typhula variabilis[1]) sind in der Natur allgemein verbreitet. Sie kommen in feuchtem Sande nach verhältnismässig kurzer Dauer schon zur Auskeimung. — Besonders bemerkenswert sind die Sclerotien von Coprinus stercorarius. Sie werden auf genügend nassem Miste, namentlich von Kühen, mit Sicherheit gefunden und können auch auf ausgekochtem Pferdemist, wenn er nur hinreichend nass ist, in unbegrenzten Mengen gezogen werden.[2]) Die schwarzen Sclerotien, in allen Grössen bis zur Stärke einer Nuss, rein gewaschen und ausgelegt, keimen unmittelbar, schon am folgenden Tage, aus. Sie treiben aus jeder Zelle der inneren, weissen Gewebemassen, die von einer äusseren schwarzen, verkorkten Schicht verdeckt sind, zu Fäden aus, aus welchen sich in wenigen Tagen schon der zierliche Hutpilz, der Coprinus stercorarius, entwickelt. An grossen Sclerotien werden hunderte von jungen Fruchtanlagen auf einmal gebildet, die sich nach dem Abwischen täglich erneuern können, so dass tausende von Anlagen dieser Art an der Oberfläche der Sclerotien in kurzer Zeit zur Erscheinung kommen, bis diese endlich erschöpft sind. Selbst aus den kleinsten Bruchteilen der Sclerotien werden noch, ähnlich wie beim Mutterkorn, mit der Keimung Fruchtkörperanlagen gebildet, wenn sie nur hinreichende Gewebezellen mit Reservestoffen besitzen.

Die Riesensclerotien von ausländischen Basidiomyceten von Mylitta und Pachyma sind nichts anderes wie Bildungen der gleichen Art in einer grösseren Form, wie sie der Grösse der zugehörigen Fruchtkörper angemessen ist. Die Keimung dieser Sclerotien muss in sterilisiertem, angefeuchtetem Sande im Warmhause erfolgen, den Temperaturverhältnissen des heissen Klimas angemessen, in welchem die Pilze vorkommen.

---

[1]) Die Keimung von Typhula variabilis ist beschrieben und abgebildet aut Tafel VIII in dem III. Teile d. W.

[2]) Man vergleiche Coprinus stercorarius im III. Teile d. W. und die zugehörigen Abbildungen auf den Tafeln I—V.

Noch gibt es einige Bildungen vegetativer Art in Form von Strängen, welche z. B. als Rhizomorphen bei Agaricus melleus beobachtet sind. Diese Stränge, welche durch Spitzenwachstum fortwachsen, gehen in den älteren Teilen in einen Ruhezustand über, aus welchem sie nach erloschenem Spitzenwachstum zu den Fruchtkörpern des Agaricus meist nur in bestimmten Jahren, in Abständen von 3—5 Jahren, auszukeimen pflegen.[1]) Der sclerotiale Zustand ist hier weniger scharf ausgeprägt, und noch weniger ist dies der Fall bei den Vegetationskörpern der Flechten, die im Winter ihre Entwickelung an den Spitzen einstellen und vorübergehend in den Zustand der Ruhe eintreten, aus welchem sie im nächsten Frühjahr wieder austreten resp. von neuem auszutreiben pflegen.

In den vorstehenden Einzelheiten sind die Vorkommnisse von Sporenbildungen bei den verschiedenen Pilzformen zusammengefasst, bei welchen die Keimung in blossem Wasser ohne Mithülfe von Nährstoffen erfolgt. Ebenso sind die Bildungen von Fruchtkörpern angeschlossen, welche ihre Entwickelung in einer bestimmten Periode unterbrechen und dann nachträglich unter blosser Mitwirkung von Wasser abschliessen, und endlich auch die rein vegetativen Bildungen von Sclerotien und Rhizomorphen, welche in Wasser zu Fruchtkörpern auskeimen und gleichsam als höhere, vegetative Bildungen anzusehen sind, welche die Ausbildung von Fruchtkörpern vorbereiten. Die Pilzsporen, welche in blossem Wasser auskeimen, sind in den meisten Fällen nicht für unmittelbare Verbreitung bestimmt. Sie stellen Ruhezustände in Sporenform dar, welche die unterbrochene Entwickelung mit der Keimung in Wasser vollziehen. Sie keimen daher in der Regel fructificativ aus, sind also weniger für die Verbreitung, als für die Erhaltung der Formen biologisch und physiologisch bestimmt.

Die Keimung der Pilzsporen in Nährlösungen und Nährsubstraten. Gegenüber der eigentlichen Masse der Pilzsporen, welche durch Kleinheit und Substanzarmut, also durch Leichtigkeit und leichte Vertriebbarkeit durch die Luft ausgezeichnet sind, treten die vorerwähnten und für ihre Kultur in blossem Wasser

---

[1]) Die Auskeimung der Rhizomorphen zu Fruchtkörpern des Agaricus melleus ist von R. Hartig (Wichtige Krankheiten der Waldbäume, Berlin 1874) zuerst beobachtet und abgebildet worden. — Die Kultur der Rhizomorphen in Nährsubstraten, aus den Sporen des Agaricus melleus gezogen, ist dann von mir durchgeführt und in dem III. Teile d. W. näher beschrieben und durch Abbildungen (Tafel X und XI) erläutert worden.

besonders berücksichtigten Sporenbildungen als vereinzelte und nebenläufige Erscheinungen zurück. Diese kleinen, an Nährstoffen armen Sporen sind für die Keimung und die weitere Entwickelung in blossem Wasser nicht veranlagt. Sie sind darauf angewiesen, von den organischen Nährstoffen zu leben, welche sie fast überall in der Natur als Reste von Pflanzen und Tieren vorfinden. Die kleinen Sporen, durch die Luft vertrieben, senken sich bei Windstille zur Erde nieder und werden vorzugsweise durch Regen auf den Boden und auf die Gegenstände in der Natur niedergeschlagen. Auf toten, organischen Substanzen finden sie bei hinreichender Befeuchtung die Hülfsmittel für ihre Keimung und Ernährung von selbst vor. Auf lebendigen Pflanzen und Pflanzenteilen sind diese nur dann gegeben, wenn die Pilze parasitisch leben, was nur für einen verschwindend kleinen Teil der grossen Masse der Pilze zutrifft. Hier können also die Sporen nicht zur Entwickelung gelangen, wenn nicht weitere Hülfsmittel einsetzen, welche durch Tiere und Menschen von selbst gegeben sind.

Die Tiere leben von den Pflanzen, von Blättern und Früchten, die sie als Nahrung verzehren. Auch dem Menschen dienen diese vegetabilischen Pflanzenteile als Nahrung, aber sie werden nur zum geringen Teil unsterilisiert, also roh, gegessen, in den meisten Fällen gekocht, und dadurch von den lebendigen Pilzkeimen auf ihrer Oberfläche, die getötet werden, befreit. Die Tiere geniessen die Pflanzenteile, von welchen sie leben, in der Form, wie sie sie in der Natur vorfinden, d. h. an der Oberfläche mit Pilzsporen versehen, welche auf sie niedergefallen sind. Die Pflanzenteile werden gefressen, und mit ihnen gelangen die Sporen in den Verdauungsapparat der Tiere, wo sie nicht nur nicht getötet werden, vielmehr, durch die natürliche Körperwärme günstig beeinflusst, im weiteren Verlaufe der Verdauung in Substrate geraten, welche für ihre Entwickelung die denkbar günstigsten sind. Sie werden später mit den Fäkalien entlöscht und können, schon in diesen, für ihre Keimung günstig disponiert, sofort zur Entwickelung gelangen. Die Fäkalien sind diejenigen organischen Substanzen in der Natur, in welchen die Pilzsporen das günstigste Medium für ihre Entwickelung finden. Man kann sich von diesen biologischen Einzelheiten und dem natürlichen Gange der Entwickelung, den hier die Pilze erfahren, leicht überzeugen, wenn man die Fäkalien von Kräuter fressenden Tieren unter Glasglocken, wo sie nicht austrocknen können, abschliesst und so ihre ungestörte Entwickelung begünstigt und fördert. Es ist erstaunlich, welch reiche Pilzflora hier in wenigen

Tagen zur Erscheinung kommt. Die schnell wachsenden Mucorinen und verwandte Formen der niederen Pilze sind es vorzugsweise, welche zuerst auftreten, oft das Substrat ganz verdecken, dann abblühen und mit ihrem Zurücktreten anderen Formen der höheren Pilze, namentlich den verschiedensten Formen der Ascomyceten und der Basidiomyceten, das Feld räumen. Man trifft hier die verschiedensten Formen der Discomyceten und Pyrenomyceten an, und ebenso treten die Formen der Hutpilze, in erster Linie die Formen von Coprinus, in reicher Folge in die Erscheinung. Die Entwickelung der Pilze auf diesen Fäkalien, namentlich von grossen Tieren, z. B. von Pferden und Kühen, geht monatelang in consecutiver Folge der Formen weiter, sie erreicht kaum einen Abschluss, wenn man nur dauernd für hinreichende Feuchtigkeit sorgt und die Störungen durch Insekten vermeidet, die häufig einzutreten pflegen.

Man kann wohl ohne Übertreibung aussagen, dass die Mehrzahl der Pilze, deren Sporen in der Natur auf die Vegetation niederfallen, welche den Tieren als Nahrung dient, den Leib der Tiere passieren, dann in ihren Fäkalien zur Entwickelung gelangen in einer Üppigkeit und einer Fülle, wie sie in gleicher Art an anderen Stellen in der Natur kaum anzutreffen ist. Die Fäkalien sind die natürlichen Standorte für die meisten Pilzformen, und es kann nichts Instructiveres für einen jungen Mycologen geben, der sich in den Pilzformen orientieren und Material für entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen gewinnen will, als die Fäkalien von den verschiedenen Kräuter fressenden Tieren in zweckmässiger Weise für Pilzbildungen resp. Entwickelung einzusammeln und auszulegen. Je frischer diese Fäkalien verwendet werden, um so günstiger entwickelt sich die Pilzflora auf diesen.

Um ein klares Verständnis für die richtigen Hülfsmittel zur Entwickelung der Pilzsporen in der freien Natur zu gewinnen, ist es durchaus notwendig, sich über diese eben besprochenen Vorgänge der Verbreitung und Entwickelung der Pilze sachlich und eingehend zu orientieren. Die Fäkalien sind wohl immer die Ausgangspunkte für die Entwickelung der meisten Pilze in der Natur, und die Tiere sind hierbei gleichsam nicht ein nebenläufiges, sondern ein wirksam einsetzendes Verbreitungs- und Förderungsmittel für die Sporen, welche zunächst durch die Luft vertrieben werden. Die Sporen werden zudem mit den Vegetabilien an der einen Stelle gefressen, an anderen, oft weit entlegenen Stellen entlöscht und an diesen zur Entwickelung gefördert.

Schalten wir diese Hülfsmittel für die Verbreitung der Pilzsporen und für ihre Entwickelung durch die Tiere aus, so finden wir in unserer Vorstellung für die Pilzverbreitung und Entwickelung in der Natur eine unaufgeklärte Lücke, und unser Verständnis für die Pilzentwickelung in der Natur bleibt unklar und ungeschlossen.

Es darf aber nicht unvermerkt bleiben, dass es auch Fälle gibt, in welchen Pilzsporen von den Tieren gefressen, getötet und also unwirksam gemacht werden. Ich habe Fälle dieser Art namentlich bei dem Insektenfrass von Brandsporen kennen gelernt und hier immer wieder gefunden, dass die Fäkalien, die oft ganz aus Brandsporenmaterial bestehen, keine lebenden Brandsporen mehr enthalten, die also hier als Nahrung verwendet und keimungsunfähig gemacht sind. Es sind dies Ausnahmen, die es ja überall in der Natur gibt, welche die allgemeine Regel nicht beeinflussen, dass die meisten Pilzsporen mit den Vegetabilien von den Tieren gefressen, durch die Körperwärme und die Verdauungsvorgänge im Leibe der Tiere für ihre Keimung günstig beeinflusst werden und mit der Entlöschung der Fäkalien in dem denkbar günstigsten Substrate zur Entwickelung gelangen, welche für die Kultur der Pilze möglich ist.[1])

Legen wir diese Erfahrungen hier zugrunde, so ist selbstverständlich in den Fäkalien der Tiere das günstigste Material gegeben, um Nährsubstrate für die Kultur und die Entwickelung einzeln rein isolierter Pilzformen herzustellen. Man braucht nur die frisch entlöschten Fäkalien, mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt, der Siedehitze des Wassers auszusetzen, die vorhandenen Pilz-

---

[1]) Es kann wohl mit Sicherheit angenommen werden, dass unter den Pilzkeimen, welche in den tierischen Leib gelangen, eine Anzahl von diesen schon in dem Leibe selbst und namentlich in dem letzten Abschnitte, in dem Darmkanal, zur Entwickelung gelangen. Die anaëroben Formen mit ihren enzymatischen Eigenschaften dürfen an dieser Stelle ganz besonders bevorzugt sein und vielleicht für die Entlöschung der Fäkalien mit ihren Gasausscheidungen eine wirksame Rolle spielen. Wir können sogar einen Schritt weiter gehen und hier die Vermutung anschliessen, dass die Anaërobie als eine angepasste Eigenschaft ganz besonders im Leibe der Tiere die günstigste Gelegenheit zu ihrer eigenartigen Ausbildung gefunden hat, da kaum andere Stellen an der Erdoberfläche, welche ja doch den Ausschluss des atmosphärischen Sauerstoffes zur Voraussetzung haben, zu gleich wirksamer Geltung kommen können. — Es liegt hier noch ein eigenartiges Gebiet für weitere mycologische Untersuchungen vor, welches bisher wohl in seiner Bedeutung nicht gebührend berücksichtigt worden ist und welches nach biologischer, physiologischer, pathologischer und sanitärer Beziehung ebenso interessante als wichtige Aufschlüsse ergeben dürfte.

sporen in dieser Art zu töten, und man hat in der so gewonnenen Flüssigkeit, in dem Mistdecoct, einen unvergleichlichen Nährboden für die Kultur der mistbewohnenden Pilze und ebenso in der festen Masse des gekochten Mistes ein Substrat für reichere und grössere Entwickelung dieser Pilze. Das Mistdecoct, zu einer klaren Flüssigkeit filtriert, durch wiederholtes Erhitzen auf 60 Grad sterilisiert, ist für die Beobachtung von Pilzkeimungen und für ihre weitere Entwickelung so klar und durschsichtig, wie es das reine Wasser ist. Man kann in diesem Mistdecoct die einzelnen Sporen rein isolierter Pilze in allen Stadien der Keimung und in allen Einzelheiten der weiteren Entwicklung direkt und ohne Schwierigkeiten verfolgen, so weit eben die Nährstoffe in dem Mistdecocte ausreichend sind. Sterilisierte Objektträger, unter einer mit Wasser abgeschlossenen Glasglocke auf Zinkleiterchen untergebracht und geschützt, ermöglichen, wie weiterhin noch im Engeren ausgeführt werden soll, alle Beobachtungen nach dieser Richtung.

Man kann die Fäkalien von den verschiedensten Tieren verwenden, am zweckmässigsten ist es indess, sich auf die Fäkalien der Pferde zu beschränken, aber nur von gesunden, vorzugsweise mit Hafer gefütterten Tieren. Die Fäkalien werden mit Wasser zu einem dicken Brei eingerührt und in Schalen im Dampftopf oder im Dampfapparate eine Stunde lang der Temperatur von 80 bis 90 Grad ausgesetzt. Von der erkalteten Masse lässt man die Flüssigkeit ablaufen, filtriert sie schnell und rein, kocht das erhaltene Mistdecoct drei- bis fünfmal in Intervallen von je einem Tage zur vollständigen Sterilisierung aus oder erhitzt auch nur die Flüssigkeit wiederholt auf 60 bis 80 Grad im Dampftopf, schliesst die Erlenmeyerschen Glaskolben, in welchen die letzte Sterilisierung vorgenommen ist, oben mit in Alkohol sterilisiertem Fliespapier in der untersten Lage und mit einem zweiten Fliespapier, welches in Sublimatlösung 1 : 1000 sterilisiert ist, über diesem nach aussen ab, und man hat die beste Nährlösung für die Kultur der Pilze, wenn sie nur an einem zuverlässigen Orte aufbewahrt wird, für lange Zeit gesichert und in jedem Augenblicke wiederum verwendbar.

Will man diese Nährlösung noch sicherer für lange Zeit und in bequemerer Form aufbewahren, so kann man sie auf den sechsten bis zehnten Teil eindampfen und dann ohne alle Schwierigkeiten aufbewahren, da diese sehr concentrierten Flüssigkeiten von Pilzsporen nicht mehr angegriffen werden. Nachträglich, wieder um das sechs- bis zehnfache verdünnt, können sie, durch mehrfaches Erhitzen sterilisiert, in eine in jedem Augenblicke verfügbare Nährlösung

zurückverwandelt werden. Man kann das eingekochte, eingedickte Mistdecoct vorrätig mitnehmen für Kulturen in fremden Ländern, an beliebigen Stellen der Erde, an welchen nicht in jedem Augenblicke frische Fäkalien zur Verfügung stehen. Das eingedickte Mistdecoct dunkelt etwas nach, behält aber alle seine guten Eigenschaften für Pilzkulturen unverändert bei, und die dunklere Farbe macht sich bei der grösseren Verdünnung im Wasser unter dem Mikroskop nicht im mindesten störend bemerkbar.

Für den unmittelbaren Gebrauch zum Ansetzen von Kulturen sind kleine Erlenmeyersche Kölbchen geeignet, die mit einem Glasstabe versehen sind, der nach unten und nach oben in entgegengesetzter Richtung an der Spitze etwas umgebogen ist. Der obere Biegungshaken dient zum leichten Angriffe des Glasstabes, der untere zur Herausnahme eines grösseren Kulturtropfens aus dem Kölbchen. Nach jedem Gebrauche muss das Kölbchen mit seiner Bedeckung, von in Alkohol sterilisiertem Fliesspapier, wieder versehen, abermals auf 60 Grad erhitzt resp. sterilisiert werden, um etwa hineingefallene Pilzkeime zu töten. Eine wiederholte Erhitzung ist hier überflüssig. Diese ist nur für die ursprüngliche Herstellung des Mistdecoctes darum erforderlich, weil es Bakteriensporen gibt, z. B. die Sporen von Bacillus subtilis, welche bei der Siedehitze, wie ich nachgewiesen habe,[1]) nicht getötet werden. Sie gelangen aber in der erkalteten, ausgekochten Flüssigkeit zur Keimung und werden, in den vegetativen Zustand übergeführt, nun bei der zweiten Auskochung getötet. Wenn diese Erhitzung drei- bis fünfmal, zuletzt in Intervallen von zwei Tagen, ausgeführt wird, ist eine vollkommene Sterilisierung der Nährlösung sicher erreicht, und sie kann unbegrenzte Zeit aufbewahrt werden, wenn nur äussere Störungen, d. h. das Einfallen von Pilzkeimen aus der Luft, verhindert werden. Die Überdeckung mit sterilisiertem Fliesspapier in zwei Lagen, nach unten alkoholisiert, nach oben sublimatisiert, ist hier vollständig sicher und verhältnismässig bequemer, als Pfropfen aus sterilisierter Baumwolle, bei deren Einbringung und Wiederentfernung zum jedesmaligen Gebrauche unvermeidliche Störungen entstehen. Zu jedem kleinen Kölbchen mit Nährlösung für den unmittelbaren Gebrauch muss auch ein zugehöriger und in der Grösse genau angepasster Glasstab hergestellt werden, der in dem Kölbchen verbleibt, weil sonst mit der jedesmaligen Einführung eines Glasstabes leicht Störungen entstehen können.

[1]) Brefeld, Bacillus subtilis im IV. Bande d. W. Tafel I.

Das in der vorstehenden Art leicht herstellbare Mistdecoct ist für die Kultur sehr vieler Pilze und ganz besonders der Formen geeignet, welche wir auf den verschiedenen Mistsorten anzutreffen gewohnt sind. Es kann das Decoct leicht in den verschiedensten Formen der Verdünnung angewendet und der Eigenart der verschiedenen Pilzformen angepasst werden.

Die Nährlösung hat ihre natürliche Schwäche darin, dass sie zwar mit Stickstoffverbindungen ausreichend, mit organischen Stoffen, namentlich mit Kohlehydraten etc., die für die Pilze als Kohlenstoffquelle besonders geeignet sind, aber nur verhältnismässig arm oder gar nicht ausgestattet ist. Ein besonderer Charakter dieser Nährlösung ist noch darin gegeben, dass sie keine oder fast keine sauren Eigenschaften besitzt und dass hierdurch alle Formen, denen saure Nährsubstrate ungünstig sind, in der Entwicklung bevorzugt werden.

Man kann diese Mängel zu einem Teil dadurch begleichen, dass man der Nährlösung Kohlehydrate, namentlich Glycose, in geeigneten Mengen zusetzt oder Nährlösungen aus Säften süsser Früchte mit ihr vermischt, welche besonders reich an Kohlehydraten, weniger reich aber an Stickstoffverbindungen sind.

Nährlösungen dieser Art sind gleichsam die ergänzende Hälfte der Nährmedien für die Entwicklung der Pilze, welche Gegenstand der engeren Untersuchung werden können. Auch für die Herstellung dieser Nährlösungen sind die Fingerzeige in der Natur selbst gegeben. Wir treffen die verschiedensten Pilzformen in der Natur an den Früchten der Pflanzen an, welche im Reifezustande zuckerreich sind, und die von den Tieren als Nahrung bevorzugt werden. Die Früchte können in der Regel mit ihrer Reife die Widerstandsfähigkeit gegen die Pilze dadurch allmählich verlieren, dass sie Wundstellen an der Oberfläche bekommen, an welchen die Pilzkeime, die aus der Luft niedergefallen sind, die natürlichen Angriffspunkte für ihre Entwicklung finden. Die Fäulniserscheinungen der Früchte, so weit sie nicht durch natürliches Absterben der Gewebe veranlasst werden, sind immer durch Pilze verursacht, welche in die Früchte eindringen und später an ihrer Oberfläche zur Fruchtbildung, also zur erkennbaren und charakteristischen Erscheinung kommen.[1])

---

[1]) Die Fäulnis der Früchte ist in ihren Ursachen schon vor mehr als 30 Jahren von mir ausführlich untersucht und in einer Abhandlung „Fäulnis der Früchte" niedergelegt. Vergleiche Sitzungsberichte der naturforschenden Freunde in Berlin 1876; weiter Sitzungsberichte der naturforschenden Gesellschaft für vaterländische Kultur in Breslau, Vortrag von O. Brefeld am 10. Februar 1902.

Alle die Pilzformen, welche wir an den Früchten, namentlich an den süssen Früchten, antreffen, sind der Ernährung in zuckerreichen Substraten angepasst. Sie sind zumeist andere Formen wie die, welche wir auf den Fäkalien der Tiere antreffen, und für alle diese Formen müssen wir Nährmedien aus zuckerhaltigen Früchten herstellen.

Wenn wir versuchen, diese Nährlösungen aus frischen zuckerreichen Früchten herzustellen, kommen wir bald zu der Erkenntnis, dass die Nährlösungen schwer zu klären und darum für die Kultur der Pilze schwierig zu verwenden sind. Die Schwierigkeiten werden aber bald gehoben, wenn wir getrocknete Früchte verwenden und aus diesen in geeigneter Form die Nährlösungen herstellen. Die Menschen verfahren ja auch, um die Früchte, die nur in einer bestimmten Jahreszeit reifen, zu jeder Zeit als Nahrung verwenden zu können in der Art, dass sie die Früchte eintrocknen und sie hierdurch, also durch die Concentration der Nährmedien, gegen die Angriffe der Pilze schützen. Getrocknete Früchte von Äpfeln, Birnen, Pflaumen, Kirschen, Weintrauben etc. sind allgemeine Handelsartikel, und es handelt sich nur um die geeignetste Wahl unter diesen, um sie für die Herstellung von Nährmedien zu verwenden. Nach meinen Erfahrungen sind Rosinen und Pflaumen, und von diesen beiden vorzugsweise die Pflaumen, für die Herstellung unserer Nährlösungen die geeignetsten. Pflaumen aus guten Jahren, die man gewöhnlich als „Lazarettpflaumen" zu bezeichnen pflegt, die einen süssen, wenig sauren Geschmack aufweisen, verwendet man in der Weise, dass man das Fleisch von den Steinen in grossen Stücken abschält, das Fleisch mit kaltem Wasser übergiesst, 12 Stunden kalt ausziehen lässt, den kalten Auszug abgiesst und alsbald im Dampfbade zur Dicke eines Extractes eindampft. Um die Früchte auszunützen, kann man sie noch ein zweites Mal ausziehen und ebenso eindampfen. Das gewonnene Extract, das nicht mehr fliesst, aber noch mit einem Spatel leicht abzunehmen ist, bleibt nun für die Dauer pilzfrei und zu jeder Zeit, in jedem Augenblicke, leicht verwendbar für die Herstellung der geeigneten Nährlösung. Man löst von diesem Extracte, je nach dem Bedürfnisse des einzelnen Falles, die geeigneten Mengen in Wasser kalt auf, filtriert sie mit der grössten Leichtigkeit ab und sterilisiert die so erhaltene, klare Nährlösung durch vier- bis fünfmaliges Erhitzen in der früher von den Mistdecocten beschriebenen Art bei 60 bis 80 Grad. Auch die Aufbewahrung in den Erlenmeyerschen Kölbchen ist die gleiche, und die so erhaltene Nährlösung, in den je mit einem Glasstäbchen besonders beschickten,

mit sterilisiertem Fliesspapier geschützten Kölbchen ist in jedem Augenblicke für die Bedürfnisse der Kultur verwendbar. Die Nährlösungen können in allen Formen der Verdünnung hergestellt werden, und die bis zur Extractform eingedickten Auszüge bleiben jahrelang unverändert. Sie sind immun, gegen alle Angriffe der Pilze gesichert, können an jeder Stelle der Welt in ungetrübter Weise verwendet werden, wie es schon für das eingedickte Mistdecoct angegeben worden ist.

Es ist zweckmässig, von den Pflaumen zwei verschiedene Auszüge zu machen, einmal von süssen Backpflaumen aus den besten Jahrgängen, dann von einer minderwertigeren, etwas sauren Sorte derselben Pflaumen aus weniger warmen Jahren, deren Auszüge durch einen grösseren Gehalt an Säure ausgezeichnet sind und hierdurch für eine Anzahl von Fällen einen besonderen Vorzug erlangen.

Es keimen in diesen Fruchtsäften alle die Pilzformen, welche an den Früchten leben und welche durch einen geringeren oder auch durch einen grösseren Gehalt an Säure nicht nachteilig beeinflusst werden. Man muss in den einzelnen Fällen, wo es sich um die Kultur von Pilzformen handelt, deren Eigenart man noch nicht kennt, einmal das Mistdecoct, dann die zwei Nährlösungsformen aus süssen und etwas sauren Früchten, speziell aus Pflaumen, für den Versuch der Kultur verwenden, um festzustellen, welches von den verschiedenen angewandten Nährsubstraten am geeignetsten ist.

Es gibt Pilzformen, welche schon durch einen geringen Gehalt von Säure in der Entwicklung nachteilig beeinflusst, oft sogar schon in der Keimung der Sporen gehindert werden. Es sind dies vielfach die Formen, welche wir auf den Fäkalien Kräuter fressender Tiere vorfinden. Es gibt dagegen andere Pilzformen, welche gerade in sauren Medien das geeignete Substrat für Keimung und Entwicklung finden. Es gibt sogar solche, für welche der Säuregehalt, wenn eine Keimung der Sporen erfolgen soll, durchaus notwendig ist. Ich will hier speziell anführen, dass die Sporen von Agaricus melleus im Mistdecoct oder in kaum sauren, zuckerreichen Nährmedien nicht auskeimen, dass dagegen ihre Keimung leicht und sicher erreicht wird, und dass man schon in wenigen Tagen die Tatsache konstatieren kann, dass aus den Sporenkulturen grosse Rhizomorphenstränge hervorwachsen, wenn man ein Decoct von sauren Pflaumen anwendet.[1]) Noch eklatanter ist, um ein anderes Beispiel anzuführen, der Fall

---

[1]) Nähere Einzelheiten finden sich in der ausführlichen Abhandlung über die Rhizomorphen des Agaricus melleus im III. Bande d. W. Die nachträglichen ergänzenden Erfahrungen, die schon seit mehr als 20 Jahren gemacht sind, bringe ich erst hier zur Veröffentlichung.

von den Sporen unseres Hausschwammes, von welchen bis in die neueste Zeit angenommen wurde, dass sie schwer oder gar nicht zum Keimen zu bringen seien. Die Sporen dieses Pilzes keimen in sauren Nährlösungen mit der grössten Leichtigkeit und Sicherheit aus, und man kann die Keimung der Sporen in solchen Nährmedien, in welchen sie vorher nicht keimten, durch Säurezusatz leicht erreichen und den Nachweis führen, dass für die Keimung dieses so gewichtigen, das Bauholz der Häuser zerstörenden Pilzes die Auskeimung der Sporen eine ebenso leichte und sichere ist, wenn nur die geeigneten Nährmedien zur Verwendung kommen.

Nach meinen durch langjährige Beobachtungen gesicherten Erfahrungen kann ich aussagen, dass es ganz vorzugsweise die Früchte, Vegetabilien und Bäume resp. Holz bewohnenden Pilze sind, deren Sporen in sauren Nährlösungen das geeignetste und beste Nährmedium finden.[1]) Für die Untersuchung dieser Pilze ist die Erkenntnis aus dieser Erfahrung von ausschlaggebender Bedeutung. Man kann sich mit der Keimung der Sporen in den möglichen Variationen der Nährmedien abquälen, ohne zum Ziele zu kommen, während schon ein zusagender Säuregehalt in den Nährflüssigkeiten die Keimung der Sporen leicht und sicher herbeiführt.

Für eine dritte Form von Nährmedien für die Kultur der Pilze liegen schon nun seit Jahrhunderten die günstigen Erfahrungen vor, welche wir in unserer Gärungsindustrie, namentlich in der Bierbrauerei, entwickelt vorfinden. Man züchtet die Hefenpilze in besonderen Nährmedien im Grossen und zwar diejenigen Formen unter den Hefenpilzen, welche die Eigentümlichkeit besitzen, zuckerhaltige Flüssigkeiten zu vergähren und sie in alkoholhaltige Getränke umzuwandeln. Die Herstellung unseres Bieres ist nichts, als eine Pilzkultur im Grossen, als eine Reinkultur der Gärung erregenden Hefenpilze im grössten Massstabe, um daraus einmal das uns unentbehrliche, köstliche Getränk des Bieres und ein anderes Mal die Riesenmassen von Hefenpilzen zu gewinnen, welche für die Herstellung unseres Brotes geradezu unentbehrlich geworden sind. Für die

---

[1]) Es muss aber hier besonders hervorgehoben werden, dass es die Pflanzensäuren sind, welche, in den Früchten der Pflanzen gebildet, hier für die Pilzkulturen ihren günstigen Einfluss ausüben; die von den Pilzen selbst, resp. von Bakterien, erzeugten Säuren, namentlich der Aethylreihe, z. B. Essigsäure, Buttersäure etc., wirken dagegen nachteilig ein und müssen nach Möglichkeit vermieden werden.

Kultur der Hefenpilze stellt man eine zuckerhaltige Flüssigkeit in der Weise her, dass man Gerste keimen lässt, die Keimlinge in frühen Stadien tötet, das so erhaltene wieder getrocknete Malz bei nahezu 60 Grad einmaischt, um durch die in den Keimlingen fixierte Diastase die Ueberführung der Stärke in der Gerste in Zucker zu bewirken. Die so gewonnene, zuckerhaltige, an Stickstoffverbindungen in dem günstigsten Verhältnisse reiche Würze ist das beste Nährmedium für die Pilze, welches man sich denken kann. Es wachsen und gedeihen in diesem Nährmedium fast alle Pilze mit Ausschluss derjenigen, welche auf Fäkalien, also auf mehr oder minder neutralen, zuckerarmen, stickstoffreichen Substraten, zu leben gewohnt sind, und weiter der Formen, welche saure Nährlösungen für die Keimung der Sporen zur Voraussetzung haben. Will man diese Bierwürze für die Kultur der Pilze verwenden, so muss man sie aus den besten Bierbrauereien literweise von einem frischen, eben abgekühlten Sud beziehen, die frische Würze sogleich zur Extraktdicke eindampfen und das so hergestellte Malzextrakt dann in den geeigneten Gefässen, für alle Zeiten haltbar und verwendbar, aufbewahren. Von dem so gewonnenen Malzextrakt kann man zu jeder Zeit kleine Mengen kalt auflösen, die Lösung mit der grössten Leichtigkeit abfiltrieren und so die klare, für die Pilzkultur geeignetste Nährflüssigkeit in den möglichen Formen der Verdünnung leicht gewinnen. Die Aufbewahrung dieser Würze in den beschriebenen, mit einem Glasstabe beschickten und mit sterilisiertem Fliesspapier geschützten Erlenmeyerschen Kölbchen geschieht wie früher. Das Malzextrakt kann ungefährdet nach allen Stellen der Welt mitgeführt und die geeigneten Nährlösungen für die Kultur der Pilze wiederum nach drei bis fünfmaliger Sterilisierung leicht und unmittelbar verwendet werden.

Um festzustellen, welche Pilzformen in der Würze am besten zur Entwicklung gelangen, muss man die Sporen der verschiedenen Formen, wie es schon früher für das Mistdecoct und für die Fruchtsäfte angegeben worden ist, prüfen.

Man ist jetzt auch in der Lage, aus Mischungen von den drei bisher genannten Nährmedien, dem Mistdecoct, dem Pflaumendecoct und der Bierwürze verbesserte Nährlösungen herzustellen, welche einzelnen Pilzformen besonders zusagen. Man kann unter Umständen das Mistdecoct verbessern durch Zusatz von Würze oder Pflaumendecoct und kann andererseits die Würze und das Pflaumendecoct für einzelne Fälle zur Kultur geeigneter machen, wenn man in zusagenden Verhältnissen Mistdecoct zusetzt. Hier kommt alles

auf den Versuch im einzelnen an, und es lassen sich spezielle Erfahrungen nicht wohl anführen.

Wie die verschiedenen Formen der Nährlösungen besonders wirken, lässt sich namentlich bei solchen Pilzformen zeigen, deren Sporen beispielsweise nur im Mistdecocte zum Auskeimen zu bringen sind, bei welchen aber bei der relativen Substanzarmut des Mistdecoctes an Kohlehydraten ein früher Stillstand in der Kultur eintritt. Man kann hier durch Verwendung von einem Mistdecocte, welches mit Würze oder mit Pflaumendecoct versetzt wird, leicht und sicher eine viel weiter gehende Entwicklung erreichen. Ist einmal die Keimung der Sporen in dem geeignetsten Nährmedium, z. B. im Mistdecoct, eingetreten, so kann dann die gemischte Nährlösung, die aus Mistdecoct und zuckerhaltigen Nährmedien hergestellt ist, zweckmässig angeschlossen werden. Nach erfolgter Keimung wachsen die Mycelien in diesen Nährlösungen üppiger als sonst, und man hat nur dafür Sorge zu tragen, dass die Nährmedien, um plasmolytische Erscheinungen in den Mycelien zu verhindern, immer in der geeigneten Stärke resp. in der Concentration zugesetzt werden, wie sie ursprünglich zur Auskeimung der Sporen zur Verwendung kamen. Es ist auch leicht möglich, in den Kulturen auf Objektträgern die erschöpften Nährlösungen von den Mycelien abfliessen zu lassen, mit in Alkohol sterilisiertem Fliesspapier die Abflussstelle rein abzuwischen und dann neue Nährlösung zuzusetzen, um die Entwicklung weiterzuführen. Es sind so Entwicklungsstadien in Objektträgerkulturen erreicht worden, namentlich in den Kulturen von Formen der Basidiomyceten, auch in den Kulturen der Ascomyceten, welche ich in Gemeinschaft mit Herrn Dr. von Tavel angestellt habe, die sonst in einem einmalig verwandten Kulturtropfen geradezu unmöglich gewesen wären.[1])

Die Herstellung der gemischten Nährlösungen ist nicht selten mit Ausscheidungen verbunden, welche wiederum umständliche Filtrationen und Sterilisierungen notwendig machen. Um diese auszuschalten, kann man schon gleich im Ausgange Pflaumendecoct oder Bierwürze mit entsprechenden Mengen von Mistdecoct zur Extractdicke oder umgekehrt auch Mistdecocte mit einem Zusatz von Würze bis zur Haltbarkeit eindampfen. Von diesen Extracten und von dieser Mischung, welche durch die Länge der Aufbewahrnng in keiner Weise nachteilig beeinflusst werden, gelingt es leicht und sicher klar filtrierte Lösungen zu ge-

---

[1]) Die weiteren Einzelheiten finden sich in den Untersuchungen über die Basidiomyceten und Ascomyceten in den Bänden VII—X dieses Werkes.

winnen, wenn man die Auflösung nur kalt herzustellen versucht und dann durch mit Alkohol sterilisiertes Fliesspapier abfiltriert. Nachträgliche Ausscheidungen kommen in dem Filtrate kaum noch vor, wenn bei dem wiederholten Erhitzen bis zur Sterilisierung die Temperatur von 60 Grad nicht überschritten wird. Die Anwendung von Fliesspapier, welches durch Alkohol sterilisiert ist, und welches man in grösseren Mengen zweckmässig vorrätig hält, kann für alle nachträglichen Filtrationen von Nährlösungen nicht genug empfohlen werden. Es werden mit dem sicher sterilisierten Fliesspapier keine neuen Pilzkeime in die Nährlösungen wieder eingeführt und dadurch die umständlichen Sterilisierungen durch wiederholtes Erhitzen vermieden, welche leicht wieder mit neuen Trübungen und Ausscheidungen verbunden sein können.

Schon die letzte Nährlösung, die sogenannte Bierwürze, ist ein künstliches Produkt eines verzuckerten Pflanzensaftes und keine natürliche Bildung. Man kann nun auch die Herstellung einer künstlichen Nährlösung aus Mischungen der einzelnen Nährstoffe so erreichen, dass man Glycose in der Stärke von 5 bis 10 Prozent in Wasser löst, die geeigneten Stickstoffverbindungen in Form von schwefelsaurem und salpetersaurem Ammoniak zusetzt und dann das ganze über Zigarrenasche giesst, einen Tag stehen lässt, dann aufkocht und nach der Erkaltung abfiltriert. Die so gewonnenen Nährlösungen haben den Vorzug, dass sie fast wasserklar sind und dass man bei Reinkulturen im Grossen in dieser Nährflüssigkeit alle Stadien der Entwicklung schon äusserlich beobachten kann. Dies ist namentlich von Vorteil bei den Kulturen der Formen von Chlamydomucor, welche in diesen Nährlösungen in grösseren Kolben ausgezeichnet wachsen und die charakteristischen Formen der sogenannten Mucor- oder Kugelhefen zur Ausbildung fördern. Diese Kugelhefen sammeln sich in dicker Lage auf der Oberfläche, sind nun in allen Stadien der Entwicklung der Untersuchung zugänglich und für weitere Kulturversuche verwendbar. Hält man sie von der Nährlösung abfiltriert in feuchter Luft, so erfolgt in den Chlamydosporen sogleich und unmittelbar die Fructification in kleinen Mucorfruchtträgern. Lässt man sie eintrocknen, so kann man sie monatelang keimungsfähig erhalten, als Aussaat für weitere Kulturen verwenden und dieses, für pädagogische und physiologische Zwecke, besonders interessante Objekt in jedem Augenblicke verfügbar machen.

Künstliche Nährlösungen dieser Art sind in allen möglichen Formen leicht herzustellen, namentlich mit den verschiedenen Zuckerarten. Sie stehen aber

im allgemeinen den vorgenannten natürlichen Nährmedien für die Entwicklung der Pilze nach. Sie gewinnen auch nicht dadurch, dass man stickstoffhaltige Substanzen tierischen Ursprungs, wie Pepsin etc., als Stickstoffquelle benutzt oder dieses durch Asparagin und andere Stickstoffverbindungen von Pflanzen ersetzt.

Ebenso sind Nährmedien aus tierischen Substanzen für die Fadenpilze nur in beschränktem Umfange verwendbar. Man kann sterilisierte Fleischdecocte verwenden, entweder für sich allein oder mit etwas zuckerhaltigen Nährlösungen vermischt. Aber man wird für die Fadenpilzformen, welche nicht auf animalischen Substanzen zu leben gewöhnt sind, weniger günstige Resultate bekommen, als in den früher angegebenen und bewährten Nährlösungen. Für Bakterien und insektenbewohnende Pilze, also für die Formen von Empusa, Entomophthora, Cordyceps, Saprolegnia, Laboulbenia etc. und für Pilzformen, welche auf hornartigen Substanzen in der Natur angetroffen werden, sind sie dagegen die besser zusagenden oder gar allein verwendbaren Nährmedien. Man kann die frische Bouillon durch Auskochen von entfettetem Fleisch von Rindern, Kälbern, Hühnern etc. leicht in geeigneter Form herstellen. Man tut aber gut, die Bouillon für ihre dauernde Haltbarkeit zu konzentrieren und in dieser konzentrierten, eben noch tropfbar flüssigen Form in kleinen Gefässen aufzubewahren. Die Nährsubstrate werden in dieser Form für lange Zeit haltbar gemacht und sind dann in jedem Augenblicke in kleinen Mengen nach geeigneter Verdünnung für die Herstellung von Nährlösungen verwendbar. Ausser der eingedickten, reinen Bouillon kann man auch eine Bouillon mit etwas Bierwürze versetzen und sie hierdurch in den einzelnen Fällen für die Kultur geeigneter machen und womöglich auch in der eingedickten Form vorrätig halten.

Für parasitisch lebende Pilze, welche an bestimmte Wirte resp. an ganz bestimmte Nährmedien angepasst sind, ist es nun auch möglich, von den einzelnen Wirten Nährsubstrate herzustellen, welche den korrespondierenden Parasiten besonders zusagend sind.

Ich habe z. B. für den Pilz der Kartoffelkrankheit Nährlösungen von den jungen Knollen der Kartoffelpflanze hergestellt, in welchen der parasitierende Pilz, der als Parasit noch nicht zu sehr an seinen Wirt angepasst ist, fast ebenso gut lebt, wie auf der lebendigen Kartoffelpflanze. Ich habe die Nährlösungen in der Weise hergestellt, dass ich junge Kartoffelknollen in dünne Scheiben schnitt, die Scheiben schnell trocknete und dann kalt mit Wasser auszog. Die filtrierten und sterilisierten Auszüge, eventl. mit einer

geringen Menge von Würze versetzt, erwiesen sich für den Kartoffelpilz ganz besonders zusagend. Es wurden grosse Mycelien gebildet mit Fruchtträgern, welche an Grösse kaum denen nachstehen, die wir auf der Kartoffelpflanze selbst antreffen.

In der gleichen Weise, wie es hier von der Kartoffel geschehen ist, kann man von beliebigen anderen Nährpflanzen Substrate herstellen und die auf ihnen parasitierenden Pilze darin kultivieren. Wenn die am meisten befallbaren Teile der Nährpflanzen nur schnell getrocknet, kalt ausgezogen, sterilisiert und je nach Umständen mit etwas Würze versehen werden, gelingt es fast immer, Nährlösungen zu gewinnen, in welchen diese parasitischen Pilze mehr oder minder leicht und üppig gedeihen.

Ich kann auch ein besonderes Beispiel anführen von den Formen der Gattung Nyctalis unter den Hutpilzen, namentlich von Nyctalis parasitica, welche in der Natur niemals anders als auf den grossen Hüten von Russula gefunden wird. Wenn man die nicht befallenen Fruchtkörper von Russula zerschneidet, schnell trocknet, kalt auszieht, sterilisiert und mit etwas Würze versetzt, erhält man eine Nährlösung, in welcher die Kultur von Nyctalis bis zur Ausbildung von Chlamydosporen in Oidien und eigentlichen Chlamydosporen und auch in Fruchtkörpern mit Sicherheit eintritt.[1])

Dasselbe gilt nun auch für einen zierlichen Fadenpilz, für den Mucor fusiger, der in der Natur auf verschiedenen Formen von Collybien, den häufig vorkommenden Hutpilzen, parasitisch aufzutreten pflegt. Sammelt man die Fruchtkörper von Collybia, trocknet sie schnell und benutzt sie zur Herstellung von kalten Auszügen, die mit etwas Würze versetzt werden, so überzeugt man sich bald, wie die in anderen Medien keimungsunfähigen oder schwer auskeimenden Sporangiensporen auf das leichteste auskeimen und Mycelien bilden, an welchen sowohl Sporangienträger, wie auch Zygosporen in der Folge zur Ausbildung gelangen.

Ich komme hiermit von selbst zu den Fruchtkörpern der Pilze, welche vielfach von anderen Fadenpilzen parasitisch befallen werden, die andeuten, dass diese Fruchtkörper von Pilzen ein geeignetes Substrat für Pilzentwickelung sind. Es lassen sich von diesen grossen Pilzfruchtkörpern

---

[1]) Die Kulturen von Nyctalisformen sind in dem VIII. Bande d. W. ausführlich beschrieben und auf Tafel V und VI abgebildet.

sehr leicht Nährmedien herstellen, welche für einzelne Fälle den Vorzug gegen andere für die Kultur der Pilze verdienen. Nach meinen langen Erfahrungen sind Nährlösungen von den Fruchtkörpern der essbaren Pilze, also z. B. von Psalliota campestris, von Boletus edulis, von Lactarius deliciosus etc., mit vielem Vorteile zu verwenden. Man sammelt die frischen Fruchtkörper, zerschneidet sie, trocknet sie schnell, zieht sie mit kaltem Wasser aus und setzt nach der Sterilisierung je nach Umständen etwas Bier-Würze zu. Die Nährlösungen halten sich ebenso lange wie alle die anderen, wenn sie nur genügend sterilisiert und für längere Aufbewahrung eingedickt sind, und man kann sich namentlich davon überzeugen, dass in diesen Nährlösungen die Sporen der zugehörigen und anderer Pilze leichter auskeimen, als in anderen Nährmedien. Bei Nährlösungen, welche ich z. B. aus Fistulina hepatica hergestellt hatte, war es ganz besonders leicht, die Fistulina zu kultivieren und grosse Mycelien zu gewinnen, in welchen schon früh die sonst nur in jungen Fruchtkörpern von Fistulina gefundenen Chlamydosporen bald einzeln, bald in längeren Reihen, zur Ausbildung gelangten.

Statt der unmittelbar aus den getrockneten Pilzfruchtkörpern hergestellten Nährlösungen kann man auch die Fruchtkörper von diesen im trockenen Zustande aufbewahren, um nachträglich zu jeder beliebigen Zeit die Nährlösungen in der eben beschriebenen Weise herzustellen. Hierfür ist nur nötig, die zerschnittenen und getrockneten Fruchtkörper nachträglich auch gegen Insektenkeime zu sterilisieren, die fast stets in ihnen vorhanden sind. Dies geschieht am zweckmässigsten in der Art, dass man das getrocknete Material in einem geschlossenen Gefässe im Dampfbade einen Tag erhitzt. Nach meinen Erfahrungen sind dann alle tierischen Keime getötet, und man kann das trockene Material Jahre hindurch in genügend geschützten Gläsern, die mit sublimatisiertem Papier über dem Glasscheibendeckel überbunden sind, aufbewahren. Für die nachträglich zu besprechende Herstellung von Massensubstraten aus den Fruchtkörpern der Pilze ist diese Art der Konservierung der getrockneten, gegen Pilz- und Insektenkeime sicher sterilisierten Fruchtkörper dringend notwendig und ganz besonders zu empfehlen.

Die verschiedenen Formen der Nährlösungen, welche ich in dem vorausgegangenen Abschnitte in einer grossen Zahl von Variationen angegeben und in ihren einzelnen Vorzügen besonders berücksichtigt habe, lassen sich nun mit Vorteil für die Kultur einer grossen Zahl von Pilzformen verwenden. Man

muss die Nährlösungen in den einzelnen Fällen durchprüfen, bis man diejenige herausgefunden hat, welche für die Kultur am geeignetsten ist. Es gibt Pilzformen, welche nur in besonderen Substraten zur Auskeimung zu bringen sind, die hierher gehören, z. B. die Sporen der baumbewohnenden Pilze, welche in gewöhnlichen Nährlösungen nicht zum Keimen zu bringen sind, welche aber in sauren Nährmedien leicht zur Auskeimung gelangen. Ebenso gibt es parasitisch lebende Pilze, welche nur in Nährmedien, aus den zugehörigen Wirten hergestellt, zur Auskeimung zu bringen sind.

Wenn man nun die Kultur der Pilze in grösstem Umfange betreibt, überzeugt man sich sehr bald, dass es viele Formen von Pilzen gibt, deren Sporen in den sämtlichen Medien, die man verwenden kann, überhaupt nicht zum Auskeimen zu bewegen sind. Man kommt hier leicht zu der Vermutung, dass die Nährmedien nicht die Schuld an diesem negativen Erfolge tragen, dass vielmehr die Ursachen der Nichtkeimung andere und innere sein müssen, welche zunächst in biologischen Momenten der Sporen selbst gegeben sein dürften. Wie wir bei höheren Pflanzen Samen haben, die nicht unmittelbar auskeimen, sondern erst nach einer Ruheperiode zum Auskeimen zu bringen sind, so können wir auch von Pilzformen annehmen, dass sie nicht alle sofort keimfähige Sporen ausbilden, dass auch Sporenbildungen vorkommen, welche auf eine Ruheperiode und somit auf eine bestimmte Keimzeit angepasst sind. Schon bei den Sporenbildungen, die bei den Keimungen in Wasser in den früheren Abschnitten beschrieben sind, waren Fälle nicht selten, wo die Sporen erst nach einer gewissen Ruheperiode zur Auskeimung gelangten. Ich erinnere hier an die Chlamydosporen vieler Brand- und Rostpilze und weiter an die Oosporen und die Zygosporen der niederen Fadenpilze. Die Sporen keimten hier nach Überwindung der Ruheperiode leicht und sicher aus, waren aber vorher, ehe diese zurückgelegt war, nicht zum Keimen zu bewegen. Es kann schon nach diesen Erwägungen nicht unwahrscheinlich erscheinen, dass auch bei den übrigen Sporen der Pilze eine Anpassung auf Keimzeit vorliegen dürfte und dass dieselben Sporen von Pilzformen, welche bald nach ihrer Bildung durchaus nicht auskeimen wollen, nachträglich unter den gleichen Verhältnissen zur Auskeimung gelangen.

Es fragt sich nur, wie es möglich ist, hier für diese, auf Keimzeit angepassten, Sporen die nachträgliche Keimung zu erreichen. Soll die Keimung und mit dieser die weitere Reinkultur der Sporen

mit Erfolg durchgeführt werden, so müssen die Sporen ohne Gefährdung und ohne Verunreinigung die Ruheperiode zurücklegen und dann zur Keimung ausgesäet werden.

Es lässt sich annehmen, dass in der Natur die Auskeimung vieler Sporen, die bald nach ihrer Bildung nicht zum Keimen zu bringen sind, auch erst nach einer längeren Ruheperiode eintritt, wenn die Sporen in feuchtem Substrate, also in der Erde, für längere Zeit gelegen haben. In der Natur kann dann die Keimung der Sporen ohne Schwierigkeit erfolgen, wenn hier Störungen für die Entwickelung nicht vorliegen. Um aber den Anforderungen einer Reinkultur mit unmittelbarer Beobachtung gerecht zu werden, ist es notwendig, diese Ruheperiode der Sporen, wie sie sich in der Natur auch vollziehen dürfte, unter solchen Umständen nachzuahmen, dass nachträglich diese Sporen leicht zur Auskeimung und ohne Verunreinigung zur weiteren Entwicklung und zur Reinkultur zu bringen sind. Wie soll das geschehen? — Wenn wir uns vorstellen, dass es sich hier nur um die Ueberwindung eines Ruhezustandes in feuchtem Substrate ohne Einflüsse der umgebenden Medien auf die Sporen handelt, so können wir diese Einflüsse ohne Schwierigkeit nachahmen, indem wir die Sporen der Pilze bald nach ihrer Bildung rein einsammeln oder auffangen, sie mit vorsichtig ausgewaschenem, sicher sterilisiertem Glassande vermischen und diesen Glassand, durch eine Isolierschicht getrennt, auf der Unterlage von feuchtem Kiessand auslegen und so im feuchten Zustande während der Dauer des Winters oder noch längere Zeit erhalten. Die Sporen lassen sich nachträglich aus dem Glassande leicht isolieren und sind in jedem Augenblicke dem Versuche auf etwaige eingetretene Keimfähigkeit zugänglich. Mit entschiedenem Erfolge sind schon Versuche dieser Art bei den grösseren Chlamydosporen von Brandpilzen, die nicht gleich keimen wollten, zur Ausführung gelangt,[1]) und es liess sich hier sicher nachweisen, dass die Sporen, wenn sie eine mehr oder minder lange Zeit in dem feuchten Sand gelegen haben, sicher zur Auskeimung kommen. Selbstverständlich muss man bei dem Auslegen der Sporen in feuchtem Sande durch geeigneten

[1]) Ich kann hier kurz auf die Ergebnisse der Untersuchungen über die Brandpilze hinweisen, welche im XII. Teile d. W. Brandpilze III niedergelegt sind.

Schutz von oben das Austrocknen und die Invasion von fremden Pilzkeimen zu verhindern suchen, wie das ja leicht geschehen kann. Um das Austrocknen zu verhindern, ist, wie schon früher angegeben, frisches, rein ausgewaschenes, feuchtes Moos, welches nicht schimmelt, immer am sichersten zu verwenden. In einer Reihe von Fällen bei grossen Ascomyceten, welche im Herbst auf der Erde lebend häufig vorkommen, ist in der Tat namentlich bei einer Reihe von Pezizen erwiesenermassen die Keimung der Sporen nach einer Ruhezeit erreichbar. Für die Sporen anderer Pilze ist aber offenbar diese Ruhezeit oder das Bedürfnis für eine Ruhezeit ein sehr grosses resp. langes, und länger wie ein Jahr aufbewahrte Sporen ergaben bei Keimungsversuchen z. B. mit Leotia, Geoglossum etc. unter den Ascomyceten und bei Lycoperdon, Geaster, Phallus etc. unter den Basidiomyceten noch ein negatives Resultat. In den gewöhnlichen kleinen Instituten, in welchen mycologische Versuche nur einen Teil der gesamten Untersuchung neben der pädagogischen Tätigkeit ausmachen, fehlt es gewöhnlich an den Hülfsmitteln, um Versuche dieser Art auf lange Sicht durchzuführen. Auch ist es nicht leicht, die Kulturen in der Länge der Zeit an geeigneten Orten sicher gegen fremde Pilze zu schützen. Die Erfolge nach dieser Richtung werden erst möglich und zuverlässig sicher sein, wenn man dazu übergeht, wenigstens an einigen Stellen im Staate ein besonderes mycologisches Institut einzurichten, welches für alle seither gewonnenen Erfahrungen und Vorteile besonders angepasst ist, soweit sie für mycologische Untersuchungen in Betracht kommen können.

Abgesehen von der eben besprochenen Ruheperiode, welche die Sporen der Pilze an unmittelbarer Keimung verhindert, deren sichere Ueberwindung hier näher berücksichtigt wurde, sind nun aber für nicht sogleich keimende Sporen eine Reihe von weiteren Hülfsmitteln naheliegend, durch welche es gelingt, die Keimung dieser Sporen gleichwohl zu erreichen.

Es ist bekannt, dass die meisten Pilzsporen den Leib der Tiere passieren müssen, ehe sie zur Auskeimung gelangen können, es ist auch weiter bekannt, dass sie in dem Leibe der Tiere, unter dem Einflusse der Körperwärme, vielleicht auch der Verdauungssäfte, nachträglich in den Fäkalien zur Auskeimung gelangen. Bei einer Anzahl von Pilzformen, welche auf Mist sehr verbreitet sind, versagen die rein gewonnenen Sporen die Auskeimung. Es gehören hierher z. B. die Formen von Ascobolus, von einzelnen Sordarien und viele andere. Das Vorkommen der Fruchtkörper auf dem Miste liefert aber den Beweis, dass

die Sporen gleichwohl keimen, aber wohl nur unter dem Einflusse von Wärme, wie sie im tierischen Leibe gegeben ist. Diese tierische Wärme muss man künstlich nachahmen, um die Keimung zu erreichen. Hier muss der Thermostat einsetzen, um bei konstanten höheren Temperaturgraden als der Temperatur des tierischen Körpers Keimungsversuche in den zusagenden Nährsubstraten anzustellen, die bei gewöhnlichen Temperaturen nicht gelingen wollen. Die Resultate sind für eine Reihe von Pilzformen geradezu auffällig. Die Sporen der eben genannten Pilze, namentlich der Ascobolusformen, keimen im Thermostat bei höheren Temperaturen von etwa 37° gleich der tierischen Körperwärme, verhältnismässig leicht aus, und man kann den Einfluss der Temperatur bei Formen von Nidularieen und anderen Basidiomyceten ebenfalls leicht konstatieren.

Den zahlreichen Fällen, in welchen nachweislich die Wärme die Keimung der Sporen begünstigt, stehen nun aber auch vereinzelte Beobachtungen gegenüber, in welchen höhere Temperaturen der Auskeimung der Sporen entgegenwirken. Wir können uns z. B. bei den Sporen des Stinkbrandes, Tilletia caries, leicht überzeugen, dass die Auskeimung bei etwas höheren Temperaturen, über 20 Grad, eine mangelhafte oder gar verhinderte ist, dass dagegen die Sporen bei niederen Temperaturen, schon von 4 Grad an, ganz allgemein auskeimen. Ich habe diese Beobachtungen schon im Anfange der achtziger Jahre gemacht und auch in der Abhandlung über Tilletia im V. Bd. d. W. angeführt. Weitere Untersuchungen nach dieser Richtung sind inzwischen von mir und Dr. R. Falck in Breslau ausgeführt, können aber erst in dem XV. Teile d. W. im Zusammenhange mit den biologischen Einzelheiten über den Stinkbrand und seine Verbreitung mitgeteilt werden. Auch Erikson führt in seinen Untersuchungen über die Rostpilze Beobachtungen der gleichen Art an.[1])

Wenn nun aber der Thermostat und die Versuche auf eventl. Anpassung resp. Ruhezeit negativ verlaufen sind, dann ist es mit weiteren naheliegenden Hülfsmitteln für die Keimung und Kultur der Sporen schwieriger bestellt, und hier müssen erst nachträgliche Erfahrungen und Erwägungen einsetzen, wenn alle Register in den Versuchen auf Keimung versagt haben. Hier kann der Zukunft und den Einzelversuchen nicht wohl vorgegriffen werden.

---

[1]) Erikson, Über die Dauer der Keimkraft bei den Wintersporen gewisser Rostpilze Zentralbl. Bact. u. Par. 2. Abt. IV. 1898. p. 376.

So weit meine Erfahrungen reichen, sind es vorzugsweise die im Boden und auf dem Boden lebenden Pilzformen, viele Ascomyceten und Basidiomyceten, deren Sporen trotz aller angewandten Keimungs-Hülfsmittel zu versagen pflegen. So sind bis zum heutigen Tage die Sporen von vielen unterirdisch lebenden Pilzen, namentlich der verschiedenen Trüffeln, und weiter viele Gasteromyceten, Geaster, Lycoperdon, Tulostoma (oberirdisch) etc., ebenso die Formen der Phalloideen, nicht zum Keimen gebracht. Weiter sind von vielen Boleten, vielen Russulaformen, von den Thelephoraarten die meisten und namentlich auch von vielen Hutpilzen, die in bestimmten Perioden im Herbste zur Erscheinung kommen und dann für die Dauer des Jahres verschwinden, z. B. von Russula, Ammaniten, Clavarieen, Hydneen, die Keimungen noch nicht beobachtet worden. Hier sind weitere Untersuchungen ganz besonders notwendig, und wir können wohl aussagen, dass an dieser Stelle die wundesten Lücken in unserer Kenntnis der Entwicklungsgeschichte und der Lebensweise der höheren Pilze fortbestehen, und dass weitere rationell ausgeführte Untersuchungen auf einen günstigen Erfolg hoffen lassen.

Es sind, wie schon gesagt, vorzugsweise die im Boden lebenden und in und auf der Erde fructificierenden Pilze, zumal dann, wenn die Fruchtkörper nur in einer bestimmten Jahreszeit auftreten, deren Sporen die Keimung versagen. Im Gegensatz zu diesen, im Boden lebenden sind dagegen die meisten Pilzformen, welche auf organischen Substraten, auf Bäumen etc., vorzukommen pflegen, der Keimung bald mit, bald ohne Erwärmung in sauren Nährlösungen zugänglich, ohne dass für sie die Berücksichtigung einer besonderen Ruhezeit notwendig wird. Die Sporen keimen in der Regel sogleich. Dasselbe gilt auch für die meisten Pilzformen, welche auf den Fäkalien Kräuter fressender Tiere vorkommen. Wenn hier die Sporen nicht keimen wollen, die doch auf den Fäkalien zur Entwicklung gelangen, so liegt es fast immer in dem Mangel genügender Erwärmung. Wird hier der Thermostat angewendet, so kommen die geeigneten Nährlösungen zur Wirkung, und die Keimung wird sicher erreicht. Nicht in den Nährlösungen allein ist hier das negative Resultat erklärlich, sondern in den begleitenden secundären Umständen, also in der Mitwirkung der gewohnten Körperwärme für die Auskeimung. Für die terrestrisch lebenden, grösseren Pilze ist die Erwärmung nicht von der gleichen Bedeutung. Hier dürfte die Überwindung der angepassten Ruheperiode der Sporen das wichtigste, vielleicht einzige Erfordernis für eine erfolgreiche Keimung sein.

Für die bisher besprochenen Kulturen der Pilze in den verschiedenen Nährmedien sind die Sporen als der naheliegendste und natürlichste Ausgangspunkt angenommen worden. Wir würden aber einseitig und nicht zutreffend urteilen, wenn wir annehmen wollten, dass sie der einzig mögliche Ausgangspunkt für alle Pilzkulturen überhaupt seien, und dass der Endpunkt der Versuche schon erreicht wäre, wenn die Sporen für die Keimung den Dienst versagen. Hier ist noch ein weiterer, sogar ziemlich naheliegender Ausweg möglich. Wir können auch von den vegetativen Zuständen der Pilze, wenn wir diese nur in reiner Form antreffen, die Pilzkulturen einleiten und mit ihnen annährend dasselbe erreichen, was durch die Aussaat von Sporen sonst erreichbar wird. Ich bin auf diese Kultur, von vegetativen Zuständen der Pilze eingeleitet, schon vor annährend 30 Jahren durch einen zufälligen Umstand gekommen. Ich erhielt als Privatdocent der Universität in Berlin und als Docent am damaligen landwirtschaftlichen Institute ein Bündelchen lebendiger Pflanzen von Helianthus tuberosus aus Proskau zugesandt, an welchen ich die vermutete Pilzkrankheit untersuchen sollte. Durch meine pädagogische Tätigkeit zunächst verhindert, legte ich die Pflanzen in eine Botanisiertrommel, wo die noch gesunden Teile weiter von dem in den unteren Teilen wirksamen Pilze in der Art befallen wurden, dass dichte, weisse Pilzfäden über die Oberfläche traten. Ich untersuchte die Pilzbildungen auf eingetretene Fructification, um die Form des Pilzes festzustellen, fand aber nichts Sicheres, und um das Material nicht zu verlieren, nahm ich von den oberflächlichen, reinen Pilzfäden, mit einer sterilisierten, feinen Scheere abgeschnitten, Proben ab, welche ich in Nährlösungen kultivierte. Zu meiner Freude wuchsen die Pilzfäden energisch aus und stellten Mycelien dar, für welche sehr bald die Kulturtropfen auf dem Objektträger nicht mehr ausreichten. Ich übertrug die Mycelien auf grössere Substrate, von festen Nährmitteln hergestellt, die ich gleich beschreiben will, und erhielt schon nach wenigen Tagen so kolossale Pilzbildungen, dass das ganze Substrat mit Nährlösung, eingeweichtes Brot, davon überzogen und durchwuchert wurde. Sehr bald traten grosse Sclerotien auf, welche schon nach zwei Tagen zur Reife kamen und die bekannten Sclerotien von Sclerotinia Sclerotiorum darstellten. Die Nährpflanzen waren von diesem Pilze befallen, von welchem ich auch nachträglich kleine Sclerotien in den Geweben, namentlich am Marke, vorfand. Es ist nicht ohne Interesse hier anzuführen, dass ich seit dieser Zeit die Kulturen dieses Pilzes von dem damals gegebenen Materiale aus immer nur auf rein vegetativem

Wege bis zum heutigen Tage fortgesetzt habe, dass die Sclerotien pfundweise gewonnen werden konnten, aus welchen durch weitere Kultur die Becherfrüchte resp. Ascusfrüchte des Pilzes auskeimten, deren Sporen ich zur Fortsetzung der Kultur aber nur noch versuchsweise eingesetzt habe. Ich wendete nach diesen günstigen Erfahrungen die Methode der Kultur der Pilze ohne Sporen in allen möglichen Formen an, und es gelang mir schon bald nachher aus den Fruchtkörpern von Basidiomyceten, namentlich von kleinen Coprinusformen, ohne Anwendung von Sporen gleich üppige Vegetationen zu gewinnen, wie sie sonst nur aus der Keimung der Sporen gewonnen werden konnten.

Ich wendete, wie im dritten Bande dieses Werkes beschrieben und auf Tafel V abgebildet ist, die verschiedenen Teile des Fruchtkörpers, des Stieles, sowie die verschiedenen Teile des Hutes, zur Kultur an, und es gelang ohne Schwierigkeiten, aus allen lebendigen Zellen des Stieles und des jungen Hutes vegetative Austreibungen, Mycelbildungen in Mistdecoct zu beobachten, die sich in nichts von den Mycelien aus Sporen unterschieden, und die nachträglich wiederum fructificierten, mit der Bildung von Oidien und auch mit der Bildung von Fruchtkörpern bis zur Sporenreife. Bei Coprinus stercorarius, der durch Sclerotien ausgezeichnet ist, konnte ich auch den Nachweis führen, dass jede Zelle des Sclerotiums in Mistdecoct vegetativ auswächst und zu neuen Mycelbildungen geeignet ist, wenn sie nur nicht durch mechanische Eingriffe geschädigt oder getötet worden ist.

Durch die gewonnenen Erfahrungen war nunmehr festgestellt, dass man auf die Sporen und ihre Keimung für die Kultur der verschiedenen Pilzformen nicht allein angewiesen ist, und dass die Kulturen gelingen von allen lebendigen Zellen junger Fruchtkörperanlagen, welche für die Kultur rein genug und durch mechanische Eingriffe nicht geschädigt sind. Ich habe dann weiterhin von Pilzformen, die vegetative Stränge bilden z. B. von den Strängen der Phalloideen, von Rhizomorphen etc., aus welchen die Fruchtkörper an einzelnen Stellen ausgebildet werden, Kulturen in Nährlösungen gemacht, habe Mycelien der verschiedenen Phalloideen, die bei uns vorkommen, gewonnen, welche wiederum zur Strangbildung übergingen, an allen vegetativen Zellen Schnallen zeigten, und welche in der Dauer der Kultur keinerlei Formen von Fructification zur Entwicklung brachten. Wir können hiernach annehmen, dass diese Pilze Nebenfruchtformen, welche sonst in den Kulturen leicht aufzutreten pflegen, nicht besitzen, und dass die grossen Basidienfrüchte hier die einzige Fruchtform sind.

Das Gleiche gilt für Kulturen, welche aus den Hyphen junger Fruchtkörper von Lycoperdaceen hergeleitet wurden. Die Hyphen wachsen hier mit Leichtigkeit zu grossen, aber immer nur an Nebenfruchtformen sterilen Mycelien aus. — Von vielen anderen Basidiomyceten-Fruchtkörpern habe ich ebenfalls Kulturen in Nährlösungen hergestellt. Erfolgreich waren diese Kulturen bei den grossen Formen von Hydneen, von welchen ich aus den Stacheln der jungen Hymenien grosse Mycelien gewann, welche reichlich Chlamydosporen, und zwar einzeln in den Mycelfäden, ausbildeten. Ich nenne hier besonders Hydnum coralloides und erinaceum mit ihren prachtvollen, oft kindskopfgrossen Fruchtkörpern. Bei anderen Hydnumformen habe ich nur sterile Mycelien gewinnen können, das gleiche war auch der Fall bei den grossen Formen von Clavaria, Cl. flava und anderen, deren Sporen in Nährlösungen nicht auskeimen. Auch bei Agaricineen-Fruchtkörpern, namentlich von den Fruchtkörpern verschiedener Amanita-Formen, habe ich Kulturen in Nährlösungen hergestellt, welche steril blieben und keine Nebenfruchtform zur Ausbildung förderten. Wiederum erfolgreich waren aber die Kulturen von Fistulina, bei welcher die Chlamydosporenbildungen, die in jungen Fruchtkörpern und den oberen Schichten älterer Fruchtkörper aufzufinden sind, schon früh an den Mycelfäden in grossen Massen auftraten, jeden Zweifel beseitigend, dass sie die dazu gehörige Fruchtbildung der Fistulina sind und keinem auf Fistulina[1]) parasitisch lebenden Pilze angehören.

Ich muss hier besonders hervorheben, dass die Kulturen von Fruchtkörpern, namentlich von jungen Hymenien einschliesslich der Basidienanlagen, nur dann gelingen, wenn man mit der Abtrennung der einzelnen zu kultivierenden Fruchtkörperteile möglichst vorsichtig verfährt, die Nährlösungen nicht zu concentriert verwendet und die abgeschnittenen Teile nur auf den Kulturtropfen legt, nicht aber ganz untertaucht. Im letzten Falle treten leicht plasmolytische Erscheinungen ein, welche das vegetative Auswachsen verhindern, die aber stets vermieden werden, wenn die Oberseite des Fruchtstückchens von der Nährlösung unbedeckt und mit der freien Luft in Verbindung bleibt. Man kann sich hier leicht überzeugen, dass alle jungen Basidien sowie jede Zelle des Hymeniums, wenn die genugsam verdünnte Nährlösung erreicht ist, zur Mycel-

---

[1]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen über Fistulina im VIII. Bande d. W. S. 143, Tafel VIII.

bildung übergeht, welche in nichts verschieden ist von den Mycelien, die man aus der Keimung der Sporen erhält. Auch bei den niederen Pilzformen, z. B. den Mucormycelien, die einschlauchig sind, lässt sich die Auskeimung kleiner, auch der feinsten Partien von Mycelien, die in den abgestorbenen Mycelmassen lebendig geblieben sind, leicht nachweisen und die Annahme berechtigt erscheinen, dass hier in den kleinen Mycelteilen Zellen mit einem teilungsfähigen Zellenkern lebendig geblieben sind.

In vielen Fällen muss man für diese vegetativen Auskeimungen die Nährlösungen aus den Pilzfruchtkörpern selbst herstellen, welche als Versuchsobjekt in Verwendung kommen sollen. Die schon früher beschriebene Herstellung der Nährlösungen ist eine leichte. Die Nährlösungen lassen sich lange aufbewahren, wenn sie nur genügend sterilisiert eventl. durch Verdampfen concentriert und so gegen den Zutritt fremder Pilzkeime gesichert sind.

Der Wert der Entwicklung der Pilze aus rein vegetativen Teilen der einzelnen Formen,[1]) also aus Mycelien und verwandten Bildungen, kommt in solchen Fällen besonders zur Geltung, wo von den zur Untersuchung vorliegenden Pilzen überhaupt keine fructificativen Bildungen bis dahin bekannt geworden sind. Fälle dieser Art sind in den sogenannten Byssusbildungen gegeben, welche in Räumen aufzutreten pflegen, zu welchen der Lichtzutritt verhindert ist. Weitere Fälle liegen in ectotrophen und endotrophen Mycorrhizen-Bildungen an den Wurzelspitzen vieler baumartiger Pflanzen und auch in den Wurzeln anderer Pflanzen vor, von welchen bis jetzt nicht sicher nachgewiesen werden konnte, welchen Pilzformen sie zugehörig sind. Sie liegen weiter vor in den Mycelbildungen, welche in der ganzen Pflanze resp. in den Fruchtkörnern des Taumellolch, Lolium temulentum, aufgefunden sind. An den Nährpflanzen ist hier ein Aufschluss über die Natur der betreffenden Pilze bisher vergeblich versucht worden, und wir sind angewiesen auf die Kultur der Mycelien und der Mycorrhizen in Nährlösungen. Die Endresultate sind bisher noch nicht erreicht, werden aber sicher gewonnen werden, wenn die Reinkultur mit genügender Vorsicht und Ausschaltung aller Fehlerquellen eingeleitet wird.

---

[1]) Die Resultate aus den Pilzkulturen ohne Sporen habe ich bisher nicht veröffentlicht. Sie sind hier vorläufig nur in Kürze zusammengefasst, wiewohl sie die Arbeit mehrerer Jahre in Anspruch genommen haben.

Zur Ergänzung mag noch kurz angeführt sein, dass schon ein vegetativer Betrieb für Pilzkulturen im Grossen seit langer Zeit praktisch eingesetzt wird. Die Kulturen von Psaeliota campestris werden in der Praxis nicht mit den Sporen des Fruchtkörpers, sondern rein vegetativ mit den Mycelien des Pilzes ausgeführt, die sogar käuflich zu haben sind. Im Kleinen kommt ein natürlicher Betrieb dieser Art in den Pilzgärten der Schleppameisen in südlichen Klimaten vor. Hier kultivieren die Ameisen in ihren Nestern eine Pilzform durch Zusammentragen von Nährsubstrat in vegetativen Zuständen höherer Pflanzen, welche den Ameisen als Nahrung dienen. In den Nestern findet man niemals etwas anderes, als die vegetativen Zustände des Pilzes, und es bedarf besonderer Hülfsmittel, die Fructification zu erreichen. Dies ist während seines längeren Aufenthaltes in Südbrasilien A. Möller[1]) gelungen, der den Pilz als Rozites beschrieben und abgebildet hat.

Ehe wir nun zu der engeren Beschreibung der Verwendung der bisher besprochenen Nährlösungen für die Kultur der Pilze übergehen, ist es unerlässlich, hier einzuschalten, dass mit der Verwendung der Nährlösungen allein in den meisten Fällen nur die Keimung der Sporen und eine beschränkte Entwicklung der zur Kultur herangezogenen Pilze möglich ist. Die Nährlösungen müssen in ausgebreiteten Tropfen auf Objektträgern verwendet werden, wenn der genügende Luftzutritt zu den Pilzen stattfinden soll. Die Nährlösungen haben nur eine beschränkte Menge von Nährstoffen und diese sind von den auskeimenden Pilzen resp. von deren Mycelien bald verzehrt. Man kann die erschöpften Nährlösungen abfliessen lassen und vorsichtig unter Vermeidung plasmolytischer Erscheinungen, weitere Lösungen derselben Concentration zusetzen, um die Entwicklung fortzuführen. Aber die Beschränkung in diesen Kulturformen für die Ernährung grösserer Pilze ist von selbst gegeben. Die Kulturen auf grössere Mengen von Flüssigkeit auszudehnen, hat seine Schwierigkeiten und früh seine Begrenzung, da die Pilze in grösseren, ungenügend durchlüfteten Flüssigkeitsschichten nicht zu leben gewohnt sind und also über beschränkte Entwicklungsstadien an der Oberfläche nicht hinausgehen.

Es werden aber in diesen bisher betrachteten Kulturformen in Nährlösungen, abgesehen von der Keimung der Sporen, oft schon die vegetativen Zustände in ihren morphologischen Eigentümlichkeiten klar erkennbar und auch kleinere

---

[1]) A. Möller, Pilzgärten der Ameisen. Jena 1893.

Fruchtformen, sogenannte Nebenfruchtformen, zur Ausbildung gefördert, die für die Morphologie und die Beurteilung der Pilze von grösster Bedeutung sind. Den Abschluss der Entwicklung, die Ausbildung der höchsten und grössten Fruchtformen wird aber in dieser Art der Kulturformen vielfach nicht erreicht, eine Ausnahme ist aber hier z. B. gegeben in den Kulturen von Coprinus etc. und namentlich der Rhizomorphen des Agaricus melleus, welche ich in dem dritten Bande dieses Werkes ausführlich beschrieben habe.

Es wird hiernach klar, dass an dieser Stelle noch andere Kulturformen mit ausgiebigeren Nährstoffen einsetzen müssen, um den möglichen Endpunkt der Entwicklung zu erreichen. Ich habe die Kulturformen, um die es sich hier handelt, gewöhnlich als Massenkulturen bezeichnet, für deren Ausführung die Erfahrungen bei den Objektträgerkulturen, also der erste und wichtige Abschnitt vegetativer und eventl. fructificativer Entwicklung der Pilze, als Unterlage dienen muss.

Die Nährsubstrate, um die es sich hier handelt, brauchen keine anderen zu sein, wie diejenigen, aus denen die Nährlösungen gewonnen werden. Es handelt sich eben nur um die grössere Masse des Substrates, welches, sicher sterilisiert, hinreichend durchlüftet, mit grösseren Mengen von Nährstoffen ausreichend versehen ist, um die weitere und volle Entwicklung resp. den Abschluss in der Ausbildung der Fruchtbildungen der Pilze zu erreichen.

Als erstes Massensubstrat dieser Art will ich hier, anschliessend an die Herstellung des Mistdecoctes, den Mist selbst berücksichtigen, der für die Kultur der Pilze dienen muss. Man sterilisiert frisch gefallene, von gesunden Pferden entnommene Pferdeäpfel, mit nicht zu vielem Wasser versetzt, im Dampfapparate oder im Dampftopf, stellt den sterilisierten, nicht zu feuchten, aber auch nicht zu trocknen Mist in die geeigneten Kulturbehälter, am zweckmässigsten in Krystallisierschalen von den verschiedensten Grössen, verdeckt diese mit Glasdeckeln von der Form einer Hälfte der Petrischale, die oben gut abschliesst und nur eben übergreift, sterilisiert diese Krystallisierschale mit dem ausgekochten Mist noch im Dampftopf zu wiederholten Malen, bis sicher anzunehmen ist, dass keine noch entwicklungsfähige Pilzkeime von Bakterien, z. B. von Bacillus subtilis, mehr vorhanden sein können. Der so sterilisierte Mist hält sich in den Kulturgefässen, wenn sie an einem geeigneten, kühlen und geschützten Orte aufgestellt sind, unbegrenzt lange, und man kann die so auf einmal gewonnenen, zahlreichen Gefässe in jedem Augenblicke für die Kultur mühelos und sicher einsetzen. Ab-

gesehen von einer geringen Verdunklung treten in diesem sterilisierten, für die Pilzkultur mistbewohnender Pilze besonders geeigneten Substrate keine weiteren Veränderungen ein. Der Mist zeigt nachträglich keinerlei unangenehme Gerüche, so lange nicht Störungen durch Bakterien eintreten. Wenn dies doch geschehen sollte, ist das Substrat natürlich für Pilzkulturen nicht mehr verwendbar.

Man kann für die Aussaat auf diesem Substrat natürlich nur reines Sporenmaterial verwenden, für dessen Herstellung vorher gesorgt sein muss in einer Form, die erst nachträglich Gegenstand einer Besprechung sein kann. Für die Pilzformen, deren Sporen auf Einfluss der Körperwärme angepasst sind, muss natürlich die Kultur einen oder zwei Tage im Thermostaten bei einer Temperatur bis zu 37° bald nach der Aussaat der Sporen aufbewahrt werden. Wenn die Keimung der Sporen einmal eingetreten ist, kann die weitere Aufbewahrung der Kultur an jedem beliebigen, nicht besonders warm gehaltenen Orte stattfinden. Das Mistsubstrat hat sich namentlich bewährt, ganz abgesehen von den Mucorinen, die hier vorzüglich wachsen, bei Massenkulturen von den verschiedenen Ascobolusformen, Sordaria- und Chaetomiumformen etc. unter den Ascomyceten und weiter auch für die Untersuchung der verschiedenen Coprinusarten und für viele Formen von Hutpilzen, welche auf Mist vorzukommen pflegen.

Ausser dem Massensubstrat, aus Pferdemist hergestellt, ist nun auch ein ähnliches, für Pilzkultur geeignetes Substrat aus den Pflaumen (oder anderen süssen Früchten) direkt zu gewinnen, von welchen das Pflaumendecoct schon besprochen ist. Man belässt die Masse der Pflaumensubstanz in dem Pflaumensafte, füllt nach geeigneter Sterilisierung die zusagenden Krystallisierschalen damit aus und setzt die Sterilisation im Dampftopfe fort, bis völlige Sicherheit für die Erhaltung gegeben ist. In diesem Massensubstrat wachsen alle die Pilzformen, für welche das Pflaumendecoct sich als geeignet erwiesen hat. Es ist haltbar für lange Zeit und kann in jedem Augenblicke zur Verwendung herangezogen werden. Als Beispiele mögen hier die verschiedenen Formen von Aspergillus und anderen Schimmelpilzen genannt werden. Natürlich können hier anstatt der Pflaumen beliebige andere Früchte ebenso gut zur Herstellung eines Massensubstrates herangezogen werden, und wie es jeder Hausfrau bekannt ist, sind namentlich die Preisselbeeren gern von Pilzen heimgesucht, welche saure Fruchtsäfte für ihre Ernährung lieben.

Für die Herstellung eines dritten Massensubstrates sind nun ganz besonders die Fruchtkörper von den früher genannten getrockneten Pilzen zu verwenden.

Die Fruchtkörper werden mit geeigneten Mengen von Wasser oder auch mit einer sehr verdünnten Nährlösung aus Würze oder Pflaumendecoct benetzt und dann vorsichtig bei etwa 60° durchweicht. Da die Pilzfruchtkörper und die Nährlösungen bereits sterilisiert sind, so kann das so hergestellte Massensubstrat für die Kultur der verschiedensten Pilze direkt in Verwendung genommen werden. Es ist nur besonders darauf Bedacht zu nehmen, dass das Substrat nicht zu concentriert an Nährlösungen ist, da hierdurch die Entwicklung mancher Pilze leicht verhindert werden kann. Es gelingt die Kultur von solchen Pilzformen, die auf Pilzfruchtkörpern parasitisch leben, wie z. B. von Nyctalis, und von Hypomycesformen, von Mucor fusigier, von Sporodinia grandis etc. bis zur grössten Üppigkeit zu bringen. Ebenso lassen sich auch die Kulturen von verschiedenen anderen höheren Pilzen bis zur Fruchtkörperbildung z. B. von Sclerotien bildenden Collybien mit Leichtigkeit durchführen.

Man kann die Massensubstrate der letztgenannten Art auch noch in einer eigenartig veränderten Form herstellen, welche sich als besonders geeignet für Pilzkulturen im Grossen erweist. Es geschieht dies in der Art, dass man das Mistdecoct von dem Miste und das Pflaumendecoct von den Früchten und ebenso auch Auszüge von den verschiedenen Pilzfruchtkörpern abtrennt und dieses nun verwendet, um damit andere organische Substanzen, welche an sich schon ein geeignetes oder gar vorzügliches Nährmittel abgeben, zu durchtränken und sie für diese gleichsam als ein verstärkendes Düngemittel zu verwenden. Die Massensubstrate aus Mist, Früchten und ebenso auch aus Pilzfruchtkörpern haben nämlich den Mangel, dass sie nicht porös sind und dass, in grösseren Mengen verwendet, der Luftzutritt nur mangelhaft ist, und dass damit die Pilzentwickelung nur ungenügend erfolgen kann. Man hilft sich hier, indem man die Schichten des Substrates nicht zu dick verwendet, oder auf ein siebförmiges, kleines Gestell aufträgt, aber auch damit ist dem Mangel nur zum geringen Teile abgeholfen.

Es gibt nun aber eine andere Substanz, die wir täglich als Nahrungsmittel für uns selbst verwenden und die in jedem Augenblicke in unserem häuslichen Leben zur Verfügung steht, welche nach dem Reichtum ihrer Nährsubstanzen und nach der Porosität ihrer Masse für die Kultur der Pilze wie geschaffen erscheinen muss. Es ist dies das Brot in unserem Haushalte, welches von den Bäckern an jedem Tage neu und frisch hergestellt wird, weil die Erfahrung lehrt, dass das Brot leicht verschimmelt, also von Pilzen befallen wird. Wenn man sich viel in der freien Natur bewegt, findet man die oft auffälligen Schimmel-

bildungen auf weggeworfenem Brot, welches an beliebigen Stellen in der Natur liegen bleibt. Zu keiner Zeit ist dies auffälliger der Fall, als bei Feldzügen und Manövern an all den Wegen, welche von den Truppenkörpern durchzogen werden. Es gab mir diese Beobachtung schon früh Veranlassung, das Brot als Substrat für die Massenkultur der Pilze heranzuziehen. Es hat den eigenartigen, hier besonders zur Wertschätzung kommenden Vorteil, dass es mit seiner Herstellung aus den besten Nährmedien, die es für Pilzentwicklung nur geben kann, schon zu einem wesentlichen Teile durch den Modus der Herstellung selbst sterilisiert, also von Pilzkeimen befreit wird. Der aus Mehl hergestellte Teig wird durch Backen im Backofen, also durch hohe Temperaturen, wie sie sonst für die Sterilisierung der Pilze in Verwendung kommen, in Brot umgewandelt, also in eine Form, in welcher er für unseren Magen allein geniessbar ist. Mit dem Backen sterben aber nicht nur die Mehrzahl der Pilzkeime ab, es wird der Teig namentlich unter dem Einflusse von zugesetzter Hefe und durch sie bewirkte Gasausscheidung in seinen einzelnen Teilen aufgetrieben und porös gemacht, wie es für ein Substrat für Pilzkulturen idealer nicht gedacht werden kann.

Seit dem Jahre 1869 habe ich das Brot für die Kultur der Pilze eingeführt und mit dem allergrössten Vorteile verwendet. Die Vorteile steigerten sich noch für eine Reihe von Fällen, als ich anfing, das Brot nicht bloss mit Wasser, sondern auch mit den verschiedenen Nährlösungen aufzuweichen, welche sich für die Kultur der einzelnen Pilze bewährt haben. Natürlich ist nicht jedes Brot, wie es für unseren täglichen Genuss bevorzugt wird, auch für die Kultur der Pilze geeignet. Es haben die Brotformen den Vorzug, welche aus Roggen- und Weizenmehl hergestellt sind, ohne Säurebeimischung und Säurebildung angeteigt, beim Backen ein Brot abgeben, welches man gewöhnlich als „grobes Brot“ zu bezeichnen pflegt. Wendet man hier beim Backen dieser Brote die Vorsicht an, dass man sie nicht zu gross macht und etwas stärker ausbacken lässt, also länger der sterilisierenden Hitze des Backofens überlässt, so sind sie schon in den meisten Fällen durch den Vorgang des Backens ausreichend sterilisiert und auf diese Art für die Kultur der Pilze vorbereitet. Es ist nur nötig, sie mit reinen Messern und reinen Händen von der braun gebackenen Kruste zu befreien und die Weichteile, in geeignete Scheiben geschnitten, für die Kultur der Pilze zu verwenden. Wenn diese Kulturen von langer Dauer sind, ist aber doch ein weiteres Sterilisieren des Brotes erforderlich, und dies lässt sich am

besten so ausführen, dass man das Brot mit Wasser oder mit den betreffenden Nährlösungen in geeigneter Art, aber nicht allzu reichlich, durchtränkt und dann in einem Thermostaten einer Temperatur aussetzt, bei welcher die Verquellung der durch das Backen schon ausgequollenen Stärkekörner nicht zu sehr zur Geltung kommt. Diese Temperaturen liegen etwa um 56—60 Grad Celsius, bei welchen so ziemlich alle im vegetativen Zustande vorhandenen Pilzkeime und auch viele der vorhandenen Sporen getötet werden. Wiederholt man dieses Verfahren in Abständen von 2—3 Tagen 3—5mal, so sind alle Pilzkeime tot, und das so präparierte Brot lässt sich unbegrenzte Zeit für eine in jedem Augenblicke anzustellende Kultur aufbewahren.

Es ist nicht rätlich, zur Sterilisierung des Brotes Alkohol zu verwenden, weil mit dem nachträglichen Austreiben des Alkohols die physikalische Beschaffenheit des Brotes unvermeidlich eine Veränderung erfahren hat. Ebenso wenig ist es zweckmässig, getrocknetes Brot, welches durch das Eintrocknen gegen Verderben geschützt wird, nachträglich für Kulturzwecke zu benutzen. Es hat mit dem Eintrocknen die Aufsaugungsfähigkeit des Brotes für Flüssigkeit gelitten, und man bekommt nachträglich nicht das gewünschte Substrat, welches nach seiner weichen, gleichmässigen Beschaffenheit für die Vegetation der Pilze, also für das leichte Durchwachsen der Mycelfäden, noch geeignet ist. Es ist dringend zu empfehlen, bei allen Versuchen immer nur von frischem täglich käuflichem Brote auszugehen, welches am leichtesten und schnellsten von Wasser und von Nährlösungen durchtränkt wird und hierin seine besonderen Vorzüge bewährt.

Es ist geradezu phänomenal, wie hier die Wirkung des Substrates für die Entwicklung der Pilze zur Geltung kommt und wie in einzelnen Fällen, je nachdem man es einmal mit Mistdeoct, das zweitemal mit den zwei Formen von Pflaumensäften, das drittemal mit Bierwürze und das viertemal mit Auszügen aus verschiedenen Pilz-Fruchtkörpern etc. gedüngt hat, eine Pilzentwicklung zur Erscheinung kommt, wie sie in der Natur an keiner einzigen Stelle gefunden werden und den Pilzen als Nahrung dargeboten sein kann. Nährsubstrate von dieser höchsten Delicatesse für die Pilze, mit der möglichsten Steigerung der zusagenden Nährstoffe hergestellt, giebt es ja in der Natur nicht. Diese lassen sich nur künstlich herstellen, und hiermit ist schon die Andeutung gegeben,

dass man tatsächlich in der Lage ist, die Entwicklung der Pilze durch künstliche Kultur in einzelnen Fällen höher zu treiben, als wie sie in der freien Natur stattfinden kann.

Ich will hier als Beispiel nur kurz die Kulturen der Mucorinen anführen, von Phycomyces nitens, von Mucor Mucedo mit seinen Parasiten, Chaetocladium und Piptocephalis und von anderen Mucorformen, Mucor mucilagineus, Mucor niveus, auch von früchtebewohnenden Mucorineen, Mucor stolonifer und anderen Formen, die hier zur höchsten Üppigkeit gesteigert werden. Ich will weiter erinnern an die in der Natur parasitisch vorkommende Sclerotinia Sclerotiorum, von welcher sich Sclerotienmassen kiloweise herstellen lassen, ebenso an den Pilz des Mutterkornes, von welchem die Conidienform, Sphacelia segetum, freilich ohne Bildung von Sclerotien, in solchen Massen herstellbar ist, dass in den mächtigen Falten der Conidienlager auf dem Substrate ein silbernes 20-Pfennigstück leicht verborgen werden konnte, endlich noch an die Kulturen von Polyporus annosus, dem baumbewohnenden Basidiomyceten, von welchem in den ein ganzes Jahr hindurch fortgesetzten Kulturen die wundervolle Conidienform in Köpfen, sogar in mächtigen Coremien, gebildet wurde, welche auf dem natürlichen Substrat der von den pilzbewohnten Bäume bisher nie gefunden ist.[1]) Es handelt sich in jedem Falle nur darum, die für den einzelnen Pilz geeignete Nährlösung mit der zusagenden Verdünnung für die Anfeuchtung des Brotes zu verwenden. Ist das Brot sterilisiert, bleiben die Kulturen aus reinem Sporenmaterial nachträglich für die Länge der Zeit völlig rein und ungestört.

Es kann aber auch Fälle geben, wo das Brot für sich ohne weitere Hülfsmittel und ohne jede Sterilisierung für die Kultur des Pilzes das geeignetste Medium abgibt. Der bemerkenswerteste Fall dieser Art ist in dem allgemein verbreiteten Schimmel, dem Schimmel par excellence, dem Penicillium glaucum, gegeben. Von diesem Pilze waren bis zu meinen Untersuchungen im Jahre 1871 niemals die nur vermutungsweise angenommenen Acsusfruchtkörper gefunden worden. Ich habe die Bildung dieser Fruchtkörper künstlich erreicht auf besonders für die Kultur geeignetem Brote, und zwar auf

---

[1]) Die näheren Einzelheiten über die Kultur der hier angezogenen Pilzformen finden sich in den ersten zehn Teilen d. W. vor. Hier sind auch die diesbezüglichen Abbildungen einzusehen.

den Weichteilen eines gut durchbackenen, groben Brotes, welches nicht sterilisiert und keiner weiteren vorbereitenden Operation unterzogen worden ist. Das Brot in seiner eigenartigen Porosität gestattet schon an sich, wenn es nur in der richtigen Weise fortschreitend befeuchtet wird, eine so üppige Entwicklung dieses Pilzes, dass es nun zur Bildung von Ascusfrüchten kommt. Es muss gut durchbackenes, also durch das Backen selbst möglichst sterilisiertes Brot verwendet werden, und um weitere Pilzbildungen aus etwa noch vorhandenen Keimen, namentlich Bakterienbildungen, zu verhindern, muss die Aussaat des Pilzes mit den Conidien des Pinselfruchtträgers und seine Anfeuchtung möglichst sorgfältig eingeleitet und ausgeführt werden. Wenn man die Penicilliumsporen zur Aussaat die Nacht hindurch in der Nährlösung für die Keimung vorbereitet und nun am folgenden Tage die jungen Keimlinge mit wenig verdünnter Nährlösung auf die verschiedenen Stellen des Brotes an beiden Seiten mit einer Nadel auftupft, so kann man die feucht gestellte Kultur einen weiteren Tag ohne Zusatz von Wasser belassen. Jetzt träufelt man auf die beiderseitigen Oberflächen mit einer Spritzflasche oder besser mit Hülfe eines Pulverisators feine Tröpfchen auf, welche das Brot soweit benetzen, als dies für die Entwicklung des Pilzes in den nächsten zwei Tagen erforderlich ist. Am dritten Tage wiederholt man diese Art der Anfeuchtung in etwas stärkerem Grade, und man kann sich dann am vierten Tage schon überzeugen, dass die Vegetation von Penicillium in intensivster Entwicklung fortschreitet. Jetzt wird der weitere Zusatz von Wasser bis zur genügenden Durchfeuchtung des Brotes auf einmal erforderlich, weil die gebildeten Mycelien späterhin das Wasser nur noch schwer aufsaugen lassen, und mit dem fünften und sechsten Tage ist die Vegetation eine so energische, dass die Glasplatten, auf welchen man das Brot ausgelegt hat, sogar eine merkliche Erwärmung erfahren. Man überdeckt nun die Brotstückchen mit einer zweiten Glasplatte und gewahrt mit dem siebenten und achten Tage die reiche Anlage der Fruchtkörper von Penicillium. Es ist zweckmässig, die Kulturen, wenn sie ihrer vollen Höhe entgegengehen, an einem mässig erwärmten Orte zu halten, um die Entwicklung noch zu steigern. Vom achten bis zum zehnten Tage treten dann die Knötchen der reichlich veranlagten Fruchtkörper an den weissen Mycelien, welche verhältnismässig wenig blaugrüne Conidien ausbilden, deutlich in die Erscheinung. Man kann sie mit blossem Auge beobachten und schon in den nächsten Tagen verfolgen, wie sie mit gelber Farbe aus ihrer weissen Umhüllung hervorbrechen. Nach zehn bis zwölf Tagen sind die Fruchtkörper in den sclerotialen Zustand

übergeführt, können leicht vom Substrate getrennt und gesammelt und für die schon früher beschriebene Kultur auf mit Wasser befeuchtetem Fliesspapier ausgelegt werden.

Indem hier bei der Kultur der Zusatz an Wasser zu dem Substrate so lange und in dem Maasse beschränkt wird, als die Entwicklung des Pilzes noch zurückbleibt, wird hier die schädliche Einwirkung von den Bakterien, die immer noch in dem Brote ungetötet vorhanden sind, mehr oder minder ganz ausgeschaltet. Sie wird auch weiterhin vermieden, wenn die stärkere Befeuchtung erst mit der Entwicklung des Pilzes so harmonisch erfolgt, dass diesem die schnellste und üppigste Vegetation ermöglicht wird, welche von selbst schon die Bakterien nicht aufkommen lässt. Nur durch diese vorsichtige und künstlich gesteigerte Höhe in der Entwicklung des Pilzes wird es möglich, die Fruchtkörper zu erreichen. Sie treten sonst auf keinem Substrate auf, und namentlich auch nicht auf gedüngtem Brote, welches nicht die gleich schnelle und üppige Entwicklung dieses Pilzes gestattet. Gegenüber vielfachen Mitteilungen, dass die Bildung der Fruchtkörper von Penicillium glaucum in allen versuchten Kulturen nicht hätte gelingen wollen, mag diese ausführliche Beschreibung hier am Platze sein. Ich will bemerken, dass ich die Fruchtkörper von Penicillium kaum in einer Kultur vergeblich gesucht habe, nachdem einmal festgestellt war, dass sie bestehen und unter welchen Umständen sie gebildet werden. Ich will aber noch weiter andeuten, dass es eine andere Form von Penicillium gibt, welche in der Natur fast nur Sclerotien erzeugt, die sogar auf jedem Substrate auftreten und die wohl schon früher von verschiedenen Autoren gesehen und als Bildungen von Penicillium glaucum mit Unrecht angesprochen sind. Die Kultur dieses Pilzes wurde im physiologischen Institute in Breslau von Dr. Falck lange Zeit hindurch unterhalten mit dem Erfolge, dass auf dem Substrate nur allein die massenhafte Bildung der Sclerotien auftrat ohne die begleitende Bildung von Conidienträgern. Die näheren Ergebnisse sind bis dahin von Dr. Falck noch nicht veröffentlicht worden. — Es dürfte aber nicht überflüssig sein, hier noch anzumerken, dass ich die Fruchtkörper von Penicillium glaucum in der Natur, also in den natürlichen Substraten, trotz eifrigsten Suchens niemals angetroffen habe, und dass sie auch von anderen niemals aufgefunden sind. Ich möchte kaum glauben, dass sie hier überhaupt zur Ausbildung gelangen, zumal die angeführten Bedingungen, unter welchen in künstlicher Kultur ihre Ausbildung allein zustande kommt, in der Natur wohl kaum oder gar nicht gegeben sind.

Die Einzelheiten, welche ich hier über die Bildung der Fruchtkörper von Penicillium resp. über die erfolgreiche Kultur dieses Pilzes ausführlich beschrieben habe, lassen erkennen, dass man die eigenartige Natur der verschiedenen Pilze studieren muss, um ihre vollständige, geschlossene Entwicklung zu erreichen, und dass sehr viele, scheinbar nebenläufige Umstände eine Berücksichtigung finden müssen, wenn das Ziel erreicht werden soll. Jedenfalls ist es nötig, festzustellen, in welcher Art und in welchen Formen der Kultur es gelingt, die einzelnen Pilzformen auf die volle Höhe ihrer Entwicklung zu bringen, welche erforderlich ist, um die Ausbildung der höchsten Fruchtform zu erreichen.

An dieser Stelle liegt noch ein sehr ergiebiges Feld für weitere Versuche und Untersuchungen offen da. Ich erinnere nur an die grosse Zahl der Fungi imperfecti, von welchen die Nebenfruchtformen beobachtet, die höchste für die systematische Stellung entscheidende Fruchtform aber noch nicht bekannt geworden ist. Durch richtig geleitete Kulturformen wird es unzweifelhaft gelingen, wie es hier bei dem früher aussichtslosesten Fungus imperfectus, dem Conidienmaterial von Penicillium glaucum, tatsächlich gelungen ist, die höchsten zugehörigen Fruchtformen auf dem Wege der Kultur zu gewinnen, also Entwicklungsstadien zur Ausbildung zu fördern, welche unter den gegebenen Hülfsmitteln der Substrate in der Natur nicht aufzutreten pflegen.

Statt des Brotes, welches sich in den weitaus meisten Fällen als das vorzüglichste Nährmedium für die Entwicklung der Pilze bewährt hat, kann man auch Massensubstrate in anderer Form herstellen, in welcher im wesentlichen nur die besprochenen Nährlösungen, aber in der grössten Ausgiebigkeit und in einer Form zur Geltung kommen, welche der Entwicklung der Pilzformen und zugleich einer besseren Durchlüftung zugute kommt. Es ist nicht immer nötig, dass dieses Substrat, mit welchem so zu sagen die Nährlösung in eine besser funktionierende, für die Ernährung günstigere und consistentere Form übergeführt wird, selbst als Nahrungsmittel für die Pilze verwendet wird; es ist nur notwendig, dass es gleichsam als Vehikel, als Hülfsmittel für eine Verbreiterung, für eine vergrösserte Oberfläche und für eine bessere Durchlüftung der Nährmedien seine Wirkung tut. Massensubstrate dieser Art habe ich mit vielem Vorteil mit Hülfe von Sägespänen hergestellt, welche von den verschiedenen Baumformen auf Holzschneideplätzen leicht und ziemlich rein zu gewinnen sind. Für die Entwicklung sehr vieler Fadenpilze ist dies Substrat von fast einzigem Werte, da die Mycelhyphen

sich an den Oberflächen der benetzten Späne auf das günstigste entwickeln und verbreiten können. Diese Holzspähne bieten schon an sich für viele Pilze ein geeignetes Substrat, dessen Wirkung mit der Durchtränkung von Nährlösungen auf das vorteilhafteste verstärkt wird.

Neben dem Brote dürfte es kaum ein günstigeres Medium für die Entwicklung der Fadenpilze geben, als es in den durchtränkten Sägespänen gegeben ist. Es lässt sich mit aller Wahrscheinlichkeit voraussagen, dass bei der weiteren Verwendung dieses Substrates für die Kultur der verschiedensten Fungi imperfecti Erfolge ähnlicher Art erzielt werden können, wie sie vorhin bei Penicillium auf dem Brote beschrieben sind. Es wird gewiss gelingen, die leider noch so grosse Zahl der unvollständig bekannten Pilze auf diesem Nährboden erfolgreich zu kultivieren und ihre Entwicklung zum Abschluss zu bringen.

Diese Form der Massenkulturen hat sich nun namentlich auch bewährt für eine ganze Reihe von Pilzformen der höheren Pilze, welche holzbewohnend sind. Sie können z. B. mit Vorteil für den schon genannten Polyporus annosus verwendet werden und für andere Formen von Polyporeen wie Polyporus vaporarius, Merulius lacrymans und ihre noch zahlreichen Verwandten. Sie sind namentlich mit durchschlagendem Erfolge in Verwendung gekommen für die Kulturen von Pilacre Petersii. Diese höchst zierliche Gasteromycetenform unter den Protobasidiomyceten bildet in Nährlösungen zunächst nur die von mir gefundenen Conidien in Thyrsusstäbenform aus.[1]) Es hat den Anschein, als ob in den Kulturen nur die Conidienform allein zur Ausbildung käme, die an den Buchenstämmen, an deren Rinde der Pilz in der Natur lebt, bisher nicht gefunden ist. Es stellte sich aber heraus, dass nur allein die Länge der Zeit und die Fortsetzung der Kultur durch gesteigerte Ernährung notwendig ist, um den Pilz auch zur Ausbildung der typischen Protobasidien-Früchte zu bringen. Ich erhielt sie schon nach 6 Wochen in sehr kleiner Form auf dem Objektträger und dann auch in grösserer Ausbildung auf dem künstlich hergestellten Substrate von Buchenholz-Sägespänen, welche mit Würze durchtränkt waren. Die Fruchtköpfchen des Pilzes waren sehr schön ausgebildet, nur die Stiele blieben etwas kürzer als an den natürlichen Standorten. Diese günstigen Erfolge bei der Kultur des Pilacre lassen den berechtigten Schluss zu, dass auch bei dem

---

[1]) Die diesbezüglichen Abbildungen befinden sich auf Tafel 1—3 im VII. Bande d. W.

Polyporus annosus die in den Kulturen bisher nicht gebildeten Polyporusfruchtkörper auf den mit Würze durchtränkten Fichtensägespänen in der Länge der Zeit zur Ausbildung kommen werden. Die diesbezüglichen aussichtsvollen Kulturversuche lassen sich jetzt mit der grössten Leichtigkeit einleiten und durchführen.

Die Sägespäne müssen zur vollständigen Sterilisierung zunächst mit Wasser angefeuchtet und dann in einem geschlossenen Gefässe im Dampfbade vier bis fünf mal eine Stunde hindurch erhitzt werden. In diesem Zustande sind sie der weiteren Durchfeuchtung mit den Nährlösungen der verschiedensten Art leicht zugänglich und für die einzelnen Kulturformen direkt verwendbar. Zweckmässigerweise lässt man aber die genügend sterilisierten Sägespäne im Wasserbade vollständig austrocknen, um sie dann in diesem Zustande in sterilisierten Glasgefässen zum späteren, unmittelbaren Gebrauch aufzubewahren. Von den Holzformen sind Pappeln, Weiden, Fichten und Kiefern neben Eichen und Buchen besonders für die verschiedenen Kulturen geeignet. Natürlich kann man auch Mischungen von den verschiedenen Holzspänen benutzen. Das mit Nährlösung durchtränkte, nicht zu nasse Substrat hat den besonderen Vorteil, dass es wegen seiner hellen Färbung zur direkten Beobachtung der Entwicklung der einzelnen Pilze auf das leichteste zugänglich ist. Ebenso ist man auch im Stande, die erschöpften Nährlösungen durch weiteren Zusatz zu jeder Zeit ergänzen zu können und hierdurch die Kultur der Pilze für lange Zeit zu fördern.

Das Substrat muss bei dem Ansatze der Kulturen nicht zu nass, aber doch genügend durchfeuchtet sein, in der Art, dass in der durchfeuchteten Masse eine genügende Durchlüftung erfolgen kann. Um diese noch weiter zu begünstigen, kann man auch als Unterlage in den Kulturgefässen (Krystallisierschalen) kleine Gestellchen von verzinntem Draht anwenden, welche mit verzinnten Drahtnetzen überdeckt sind.

Es hat gar keinen Zweck, die Sägespäne erst vorher auszuwaschen, weil hierdurch eine Reinigung nicht herbeigeführt werden kann. Es kommt alles nur darauf an, dass sie sicher sterilisiert sind, und dass bei nachträglichen Durchtränkungen mit den sterilisierten Nährlösungen alle Pilze, namentlich Bakterienbildungen, verhindert werden.

Wir dürfen nun die Berücksichtigung sterilisierter Massensubstrate für die grössere und üppigere Entwicklung der Pilzformen nicht abschliessen, ohne noch eines natürlichen Substrates zu gedenken, welches in manchen Fällen sich in seinen eigenartigen Vorzügen bewährt. Es sind dies die mehr oder

minder süssen Früchte der höheren Pflanzen. Sie sind in ihrem Fruchtfleische sozusagen pilzfrei, und wenn man dieses Fruchtfleisch in seiner natürlichen Beschaffenheit als Substrat für die Aussaaten von Pilzkeimen verwendet, so kann man sich in den meisten Fällen davon überzeugen, dass nur eine sehr geringe oder gar keine Pilzentwicklung stattgefunden hat. Das Fruchtfleisch setzt nämlich in seinen lebendigen Zellgeweben der Vegetation der Pilze einen so grossen Widerstand entgegen, dass in der Regel gar keine oder gar keine üppige Entwicklung zustande kommt. Erst wenn das Fruchtfleisch welk wird und abzusterben anfängt, kommen Pilzentwicklungen mit Fäulniserscheinungen bei diesen Früchten zur Geltung. Die Pilzentwicklung ist aber keine ausgiebige, die meisten Formen dieser Früchte sind hiernach nicht verwendbar. Es machen südliche Früchte, welche sehr schnell reifen und mit ihrer Reifung zu einem für Pilze zugänglichen Substrate werden, hier eine Ausnahme. Ganz besonders sind es die Bananen, welche sich mit der schnell eintretenden Reife für Pilzkulturen vortrefflich eignen. Wenn man die Fruchtschalen abzieht, erhält man das weiche Gewebe des Fruchtfleisches in vollständig pilzfreiem Zustande, zur Aussaat für die Pilze unmittelbar vorbereitet, in denkbar günstigster Form. Das noch lebende Gewebe, nicht zu zuckerreich und von lockerem Gefüge, welkt schnell ab, die ausgesäten Pilzkeime finden den günstigsten Vegetationsboden und gelangen in kürzester Frist zur üppigsten Entwicklung. Ganz besonders für die Formen der Mucorinen, für Phycomyces nitens, für Mucor Mucedo, für Mucor stolonifer, Sporodinia grandis etc. ist das Substrat wie geschaffen. Aussaaten von Sporodinia grandis gelangen hier in der kürzesten Frist zu einer so üppigen Entwicklung, wie man sie kaum anderswo findet. Das Substrat wird in dichten Massen von Zygosporen, ohne jede Ausbildung von Sporangienträgern, überzogen, von welchen sterile, cuticularisierte und geschwärzte Fäden 2 cm hoch aufsteigen. Man kann nachträglich die dicke Zygosporenschicht wie eine continuierliche Haut von dem Fruchtfleische abziehen und als Präparat zur Demonstration auf weissem Fliesspapier ausbreiten.

Wie nun die flüssigen Nährmedien mit Hülfe einer mehr oder minder neutralen, festen Substanz, z. B. mit sterilisierten Sägespänen von den verschiedenen Holzformen, in ein Substrat umgewandelt werden konnten, welches für Massenkulturen in den betreffenden Nährlösungen ein günstigeres Nährmedium abgibt, als die Nährlösungen für sich, und namentlich die Nährlösungen in grösseren Mengen mit hinreichender Durchlüftung zu verwenden gestattet, so gibt es auch

noch eine weitere, mehr oder minder neutrale Substanz, welche die Nährlösungen in eine veränderte, consistente Form überführt, in welcher sie für die Pilzkultur eine noch breitere und grössere Verwendung finden können, als es in den Lösungen an sich möglich ist.

Diese zweite neutrale Substanz ist in der Gelatine gegeben, die bald tierischen, bald vegetabilischen Ursprungs sein kann. Mit Hülfe der Gelatine werden die Nährlösungen gleichsam in eine consistente Form übergeführt, durch welche die Schwierigkeiten in Wegfall kommen, welche mit der zu grossen Beweglichkeit der flüssigen Nährmedien natürlich verbunden sind. Ich habe diese gelatinierten Nährlösungen schon im Jahre 1869, als der erste, bei meinen Untersuchungen über die Entomophthoreen [1]) in Verwendung genommen und habe sie seit dieser Zeit mit vielem Vorteil für die Kultur der verschiedensten Pilzformen eingesetzt. Ich habe damals schon die gelatinierten Nährlösungen einmal mit Gelatine und dann auch von Meeresalgen, von Caragheen, hergestellt. Von diesen Florideen kommt eine getrocknete, gallertige Masse, der Agar-Agar, im Handel vor und kann mit grösster Leichtigkeit für die Herstellung gelatinierter Nährlösungen benutzt werden. Man löst die geeigneten Mengen von Gelatine auf, bis die Nährlösungen bei gewöhnlichen Temperaturen eine feste Form annehmen und nur bei höherer Temperatur wieder flüssig werden. Ebenso löst man zerschnittene Teile von Agar-Agar in Wasser auf, am besten im Dampfapparate mit Hülfe von Wärme, und filtriert die so erhaltene Lösung — die, je nach dem Zusatz von Agar-Agar, eine grössere oder geringere Festigkeit nach dem Erkalten erlangt hat, wie man probeweise leicht feststellen kann — in einem Warmwassertrichter bis zur völligen Klarheit der Lösung. Man kann nun diese Lösung von Agar mit den verschiedensten Nährlösungen, die in concentrierter Form vorrätig sind, mit Fleischdecoct, Pepton, Mistdecoct, Pflaumendecoct, Würze, Pilzauszügen etc., versetzen und erhält so Nährmedien in fester Form, deren Verwendung namentlich für die kleinen, niederen Pilzformen eine ausserordentlich günstige ist, aber auch für die Kultur grösserer Pilzformen in engen Grenzen ihre eigenartigen und besonderen Vorteile besitzt. Man kann die so erhaltenen, gelatinierten Nährmedien, in grösseren Kolben, mit

[1]) Brefeld, Untersuchungen über Empusa Musca und Empusa radicans, welche auf Stubenfliegen und Kohlraupen epidemische Krankheiten hervorrufen. Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Halle 1871, pag. 13.

Wattepfropfen verschlossen, beliebig lange aufbewahren, wenn nur Sorge getragen ist, dass sie durch wiederholtes Erhitzen im Dampftopf oder im Wasserbade vollständig sterilisiert sind. Es ist auch hier zweckmässig, Krystallisierschalen mit einem Deckel von Petrischalen oder eine Petrischale selbst im voraus mit den gelatinierten Nährmedien zu beschicken. In anderen Fällen kann man auch mehr oder minder lange und weite Reagentienröhrchen als Kulturgefässe verwenden, namentlich dann, wenn es sich um die Kultur von Pilzformen mit langen Fruchtträgern handelt oder von sehr kleinen Formen, namentlich von Bakterien, welche in den Reagentienröhrchen in dem Substrate eine oft charakteristische Effiguration und Farbenbildung zeigen.

Für die Kultur der Bakterien haben die gelatinierten Nährlösungen, oder, kurz gesagt, die Nährgelatine, eine ganz besondere Verwendung gefunden und eine grosse Bedeutung erlangt. Die Nährgelatine kann hier auch mit Hülfe von Kieselsäure hergestellt werden und hat in dieser anorganischen Form für Bakterienkulturen auf Stickstoffassimilation ihre eigenartigen Vorteile. Man kann die einzelnen Bakterienkeime, durch geeignete Verdünnung in Wasser oder in dünnen Nährlösungen vorher verteilt, auf der Oberfläche der Gelatine ausbreiten und so vereinzelt zur Entwicklung bringen. Man muss dann die auf der Gelatine entstandenen, einzelnen Kolonien auf die Reinheit der Form prüfen und von diesen aus, eventuell die weitere Reinkultur der Bakterienformen, in der wiederholten Aussaat auf neue Nährgelatine durchführen. — Die charakteristischen Formbildungen der Bakterien in grösseren Kolonien werden besonders sichtbar, wenn man die Kulturen in Reagentienröhrchen ausführt, wo sie, durch Stiche übergeimpft, eine reiche Entwicklung erfahren.

Für die Fadenpilze haben die Kulturen auf Nährgelatine zwar einen beschränkteren, aber immerhin einen eigenartigen Wert. Man kann auch hier aus nicht genügend reinem Sporenmaterial durch Verdünnung und Auftragung auf die Fläche der Nährgelatine Reinkulturen von einzelnen Formen gewinnen, wie sie in einer anderen Form der Kultur kaum erreichbar sind. Weiter ist die Nährgelatine für kleine Pilzformen ein geeignetes Kulturmedium, die hier mitunter ihre volle Entwicklung erreichen können, z. B. der Chlamydomucor heterogamus, der Zygosporen und Chlamydosporen neben den Sporangienträgern ausbildet. Auch für grössere Pilzformen kann die Nährgelatine vorteilhaft zur Erhaltung und Reinaufbewahrung

des Sporenmaterials in Verwendung gezogen werden. Selbst für grosse Pilze, z. B. für die grossen Mucorineen, Phycomyces nitens etc. kann man die Kulturen in langen, weiten Reagentienröhren anstellen und die ganze Kultur mit den Sporangienträgern, nach oben durch einen Wattepfropfen verschlossen, für lange Zeit und in der denkbar reinsten und besten Form aufheben.

Für den Transport von reinem Sporenmaterial in lebendigen Kulturen ist die Kulturform auf Nährgelatine allen anderen vorzuziehen. Man kann die Kulturen, resp. das reine Sporenmaterial, mit Conidien- oder Sporangienträgern in diesen Kulturen von einem Weltteile zum anderen übertragen und dann an beliebiger Stelle die unterbrochenen Kulturreihen fortsetzen.

Wie schon bei den Bakterien die einzelnen Formen in continuierlichen Kulturen, namentlich in Hygienen- und Pathologischen Anstalten, fortgesetzt werden, und das einmal isolierte, reine Material erhalten wird, so kann man auch für die Fadenpilze die einzelnen Formen mit Hülfe der Nährgelatine in Reinkulturen erhalten, um sie für Unterrichtszwecke oder für neue Versuchsreihen aufzubewahren und in jedem Augenblicke zur Verwendung zu ziehen.

Die eigentlichen, vorher beschriebenen Massensubstrate aus Brot und auch die mit Nährlösungen durchtränkten Sägespäne vermag die Nährgelatine nicht völlig zu ersetzen. Man kann zwar grosse, auch umfangreiche Kulturen in der vergrösserten Fläche und Dicke der Nährgelatine erreichen, aber eine gleich üppige Entwicklung, wie auf den vorgenannten Substraten, ist kaum möglich. Die Vorteile beschränken sich hier vielmehr auf die Konservierung des reinen Materials und auf seine leichte Übertragung nach jeder beliebigen Stelle.

Einer eigenartigen und wichtigen Verwendung der Nährgelatine und zwar für analytisch-biologische Zwecke müssen wir hier noch besonders gedenken. Sie betrifft die Analyse des Wassers und die Analyse der Luft auf Pilzkeime. Im Wasser sind es vorzugsweise die Keime von Bakterien, welche für hygiene Zwecke qualitativ und quantitativ untersucht werden müssen. Für diesen Zweck gibt es kaum ein anderes Mittel als Nährgelatine. Es genügen ein oder ein paar Tropfen von dem zu untersuchenden Wasser und ihre vorsichtige und gleichmässige Verbreitung auf der Oberfläche der Nährgelatine, um aus der Anzahl der nun auftretenden Bakterienkolonien einen sicheren Schluss auf die Reinheit des Wassers resp. seinen Gehalt an Bakterienkeimen ziehen zu können. Diese Wasseruntersuchungen auf

Bakterien resp. auf Krankheitskeime, von R. Koch zuerst eingeführt, werden jetzt mit Hülfe der Nährgelatine allgemein ausgeführt, und die gemachten Erfahrungen haben ganz vorzugsweise dazu gedient, das Wasser nur in gekochtem resp. sterilisiertem Zustande zu geniessen. — In der Luft finden sich die Sporen der terrestrisch lebenden Pilze vor, welche hier durch den Wind vertrieben werden. Die Analyse der Luft auf diese Pilzkeime lässt sich mit Hülfe der Nährgelatine in der Weise ausführen, dass man nicht zu flache Krystallisierschalen von nicht zu geringem, aber jeweils bestimmtem Umfange mit Nährgelatine beschickt, und diese an den einzelnen Stellen und zu den verschiedenen Zeiten, wo man die Luft auf Pilzkeime untersuchen will, vor und nach dem Regen, in lange andauernder trockner Zeit, in Zimmerräumen, im Walde und im Freien, in der Stadt und auf dem Lande, in den verschiedenen Jahreszeiten, auf dem Meere und auf den Bergen, und auch unter den verschiedenen Klimaten, eine bestimmte Zeit hindurch offen stehen lässt und dann mit einem Glasdeckel vorsichtig abschliesst. Aus der Zahl der einzelnen, isolierten Pilzkolonien, wie sie nun auf der Nährgelatine auftreten, kann man einen vergleichenden, relativ sicheren Schluss auf die jeweilige Verunreinigung der Luft durch Pilzkeime ziehen, wenn immer die Grösse der Kulturgefässe die gleiche und ebenso auch die Zeit der Exposition in der freien Luft eine bestimmte und gleiche bleibt. Aus der weiteren Entwicklung der einzelnen, auftretenden Pilzvegetationen lassen sich dann auch leicht die Formen der Pilze bestimmen, deren Sporen aus der Luft auf die Nährgelatine niedergefallen sind, und also als Verunreinigung in der Luft enthalten waren. Es ergibt sich beispielsweise in dieser Art leicht und sicher, dass nach starkem Regen die Luft an Pilzkeimen besonders arm ist, dass ebenso im Winter weniger Pilzkeime vorhanden sind als in der reichen Vegetation des Sommers und namentlich des Herbstes. Ebenso lässt sich auch nachweisen, dass auf hohen Bergen, in höheren Schichten der Luft weniger Pilzkeime vorkommen, als näher an der Erdoberfläche, und die gleiche Abnahme lässt sich auch an den verschiedenen Stellen des Meeres mit Leichtigkeit durch vergleichende Versuche feststellen. — Zur Herstellung der Nährgelatine wird für die Analyse der Luft auf Pilzkeime am besten Bierwürze mit etwas Mistdecoct verwendet, worin die meisten Pilzsporen am leichtesten zur Auskeimung gelangen. —

In den hier in grösserer Ausführlichkeit beschriebenen Nährsubstraten für Pilze, welche natürlicher Weise einer steten Verbesserung und Vervollkommnung zugänglich bleiben, wird es möglich, die Kulturen der verschiedensten Pilzformen

in den Variationen durchzuführen, welche zur Erreichung des Endzieles, die Entwicklungsgeschichte der einzelnen Pilze in geschlossener Form, also in der Ausbildung aller zugehöriger Fruchtformen, festzustellen, die besten und geeignetsten sind. Es muss den einzelnen Versuchen vorbehalten bleiben, welcher Kulturform jeweils der Vorzug zu geben ist, und in welchen Variationen und Combinationen der einzelnen Formen die Kultur am besten durchgeführt und zum Abschlusse gebracht werden kann, worauf im II. Teile dieses Buches näher eingegangen werden soll.

Es bleiben hier aber zunächst noch eine Anzahl von Nebenumständen zu berücksichtigen übrig, welche in den einzelnen Fällen für die Kulturen von Einfluss sein können. Es ist dies zunächst bei flüssigen Nährmedien der Grad der Verdünnung der Nährlösung.

Es gibt eine Anzahl von Pilzformen, welche nur in einer sehr verdünnten Nährlösung ihre zugehörigen Nebenfruchtformen zur Ausbildung bringen, welche bei üppiger Ernährung zugunsten der höchsten Fruchtform nicht zur Erscheinung kommen. So treten in den Kulturen von einzelnen, mistbewohnenden Sordarien, von Chaetomien, in den Kulturen von verschiedenen Pezizen, z. B. von Sclerotinia Sclerotiorum,[1]) und weiter in den Kulturen von Lysipenicillium insigne[2]) die hier bestehenden Conidienformen nur dann auf, wenn die Kulturen nahezu erschöpft sind, oder auch in Nährlösungen von der grössten Verdünnung. Man würde diese Conidienformen gar nicht finden, wenn nicht auch die dünnen Nährlösungen zur Verwendung kämen. Dem kleinen Übelstande, dass mitunter die Sporen in so dünnen Nährlösungen nicht auskeimen wollen, kann man dadurch abhelfen, dass man die Keimung zunächst in stärkeren Nährlösungen erreicht und dann mit äusserster Vorsicht und langsam genug die geeignete Verdünnung eintreten lässt. Wird hierbei die Plasmolyse vermieden, so gehen die Mycelien zur Bildung der zugehörigen Nebenfruchtformen über, um deren Ausbildung es sich handelt. — Geradezu phänomenal ist die Wirkung der Nährlösungen und der Nährmedien in ihrer verschiedenen Concentration auf die Entwicklung von

---

[1]) Die näheren Einzelheiten finden sich im IV. Teile dieses Werkes in der Abhandlung Sclerotinia Sclerotiorum.

[2]) Die Abhandlung über Lysipenicillium insigne wird erst im XV. oder XVI. Teile dieses Werkes zur Publikation kommen können. Ich führe hier aus den schon abgeschlossenen Untersuchungen die betreffenden Einzelheiten nur kurz und vorläufig an.

Sporodinia grandis, einer Mucorinee. In sehr concentrierten Nährmedien werden bei diesem Pilze nur allein die geschlechtlich erzeugten Zygosporen zur Ausbildung gefördert, und ebenso kommen in verdünnten Nährlösungen die ungeschlechtlichen Sporangienträger ohne Ausbildung der Zygosporen zur ausschliesslichen Entwicklung. Man hat es hier geradezu in seiner Gewalt, je nach dem Grade der Verdünnung der Nährlösungen, die eine oder die andere Fruchtform zur Entwicklung zu bringen. Bei Kulturen des Pilzes in concentrierten Nährmedien mit ausschliesslicher Zygotenbildung tritt nachträglich noch, wenn die Nährmedien nahezu erschöpft sind und die Kulturen lange genug stehen bleiben, die Bildung von Sporangienträgern auf.[1]) — Bei manchen parasitisch lebenden Pilzen gelingt die Kultur der Sporen nur in sehr verdünnten Nährlösungen. Sie wird geradezu vereitelt durch eine stärkere Concentration derselben. — Ich will hier zunächst als Beispiel auf meine Versuche mit den Brandsporen von Tilletia hinweisen. Die Keimung der Sporen erfolgt bei niederer Temperatur leicht in sehr verdünnten Nährlösungen in ähnlicher Art, wie sie auch in Wasser eintritt, und die Conidien der Sporenbildung sind in sehr verdünnten Nährlösungen leicht entwicklungsfähig, während ihre Kultur gehemmt, sogar zum Stillstande gebracht wird, wenn die Nährlösungen in zu concentrierter Form angewendet werden.[2]) — Das gleiche gilt für die Uredo- und Aecidiosporen der Uredineen, bei deren Kultur nur die verdünntesten Nährlösungen eingesetzt werden dürfen, wenn sie Erfolg haben soll, und ebenso sind auch die Kulturen von beliebigen, anderen parasitischen Pilzen am erfolgreichsten durchzuführen, wenn die Nährlösungen, zunächst wenigstens, in möglichster Verdünnung zur Anwendung kommen.

Weiter spielt bei der Verwendung von Nährmedien in festen Substraten, z. B. bei ausgekochtem Pferdemist, der Grad der Feuchtigkeit eine ganz besondere Rolle. Wenn man auf diesem Mist die höchst zierlichen

---

[1]) Man vergleiche hierzu meinen Vortrag in der Schlesischen Gesellschaft für Vaterländische Kultur in Breslau 1901 „Über die geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Fruchtformen bei den copulierenden Pilzen“ und ebenso die auf meine Veranlassung ausgeführte engere Untersuchung meines Assistenten R. Falck über die Zygotenbildung bei Sporodinia grandis in den Beiträgen zur Biologie Band VIII.

[2]) Ich führe diese Einzelheiten hier an zur Ergänzung meiner früheren Untersuchungen über Tilletia, welche in dem V. Bande d. W. veröffentlicht sind.

Formen der Schleimpilze mit aggregierten Plasmodien, z. B. von Dictyostelium und von Polysphondilium, kultivieren will, ist es notwendig, dass das Substrat hinreichende Feuchtigkeit resp. Flüssigkeit enthält, in welcher sich die beweglichen Amoeben, die der Bildung der Pseudoplasmodien vorangehen, für die Dauer des vegetativen Lebens entwickeln können. Sie bedürfen des nassen Substrates so lange, bis die Fructification beginnt, bis die Plasmodien zur Bildung von Fruchtkörpern übergehen. Diese werden aber wieder nur an Teilen des trockneren Substrates entwickelt. Ist nun das Substrat für die vegetative Entwicklung zu trocken und darum ungeeignet für eine günstige vegetative Entwicklung, so wird hierdurch die Bildung von Fruchtkörpern mehr oder minder stark eingeschränkt. Ist es ausreichend feucht bis nass, so geht die üppigste Entwicklung vor sich. Auf Objektträgerkulturen kann man alle Einzelheiten dieser Entwicklung unter dem Mikroskop verfolgen. Es hängt hier alles davon ab, dass die Nährlösungen und das Aussaatmaterial bakterienfrei, also rein ist, dass durch Bakterien keine Störungen eintreten. Der Pilz lebt nicht in Symbiose mit Bakterien, sondern in Abhängigkeit von reinen, bakterienfreien Nährlösungen, und die irrtümlichen Angaben, welche in neuerer Zeit verbreitet sind, dass diese Pilze resp. die Amoeben von Bakterien leben, erklären sich einfach daraus, dass man die Natur dieser Pilzformen und ihre Entwicklung in reinen Substraten nicht versucht hat oder nicht versuchen konnte. Ich selbst habe diese Pilze entdeckt und ihre Kultur seit dem Jahre 1868 stetig fortgesetzt und kann nur aussagen, dass die volle Üppigkeit der Pilze in bakterienfreien Nährlösungen und in genügend nassen, bakterienfreien Mistformen am sichersten erreicht wird.[1])

Aber auch bei den Formen der höheren Pilze spielt der Feuchtigkeitsgehalt des Nährsubstrates in einzelnen Fällen für den Gang der Entwicklung eine Hauptrolle. Der Coprinus stercorarius ist bekanntlich durch die Bildung von Sclerotien ausgezeichnet, aus welchen sich durch direkte Keimung die Fruchtkörper von Coprinus entwickeln. Man findet diese Sclerotien besonders reichlich auf sehr feuchtem Kuhmiste, den man unter Glocken ausgelegt hat. Ebenso geht die Sclerotienbildung in genügend feuchtem, resp. nassem, sterilisiertem

[1]) Man vergleiche hierzu meine ausführlichen Abhandlungen, welche im VI. Teile d. W. niedergelegt und seit der Veröffentlichung in ununterbrochenen Kulturen weiter und sicher bestätigt sind.

Pferdemist in solcher Üppigkeit vor sich, dass man die Sclerotien kiloweise erzeugen und leicht zur unmittelbaren Auskeimung in allen Formen verwenden kann.[1]) Man braucht nur den zur Kultur verwendeten Pferdemist weniger feucht anzusetzen, so tritt die Sclerotienbildung zurück und hört unter Umständen ganz auf. Wenn die Kulturen ein bis zwei Monate gestanden haben, kommen nun statt der Sclerotienbildung die Fruchtkörper des Coprinus direkt zur Erscheinung, und zwar in Riesenexemplaren, wie man sie sonst nur aus den grössten Sclerotien zu ziehen vermag. Ich hatte diese Beobachtung, dass der Coprinus ohne Sclerotien auf dem Substrate auftritt, schon früher gemacht und glaubte anfangs, dass hier eine besondere Form von Coprinus vorläge, die durch den Mangel an Sclerotien ausgezeichnet sei. Durch fortgesetzte Kulturversuche konnte ich mich aber davon überzeugen, dass hier allein die Wirkung des mehr oder minder feuchten Substrates zur Geltung kommt, dass in dem nassen Substrate die Sclerotien so gut wie ausschliesslich und in trocknerem Substrate die Fruchtkörper ohne vorausgegangene Sclerotien ebenso ausschliesslich zur Ausbildung gelangen. Ich zog dann aus diesen letztgewonnenen Fruchtkörpern, je nach Belieben, in nassem Substrate stets Sclerotien und in trocknerem Substrate immer wieder die Fruchtkörper ohne Sclerotien.[2]) Fälle ähnlicher Art dürften keine Seltenheit sein und auch bei anderen Pilzformen aufgefunden werden, wenn erst die Kulturen der Pilze auf sicherer Grundlage der Reinkultur mit den best verfügbaren Nährsubstraten, wie sie jetzt möglich sind, in grösserem Umfange bei allen zugänglichen Formen durchgeführt werden können.

Auch das Licht spielt für die Entwicklung der Pilze eine grössere Rolle, als man in früherer Zeit annehmen zu müssen glaubte. Ich habe an verschiedenen Stellen in diesem Werke, so namentlich im dritten und im achten Bande, eine ganze Anzahl von Beobachtungen mitgeteilt, in welchen die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung und für die Gestaltung einzelner Pilzformen experimentell dargelegt ist. Ich konnte den Nachweis führen, wie die Kulturen von Coprinus stercorarius, wenn man aus feucht gelegten Sclerotien die

---

[1]) Die diesbezüglichen Untersuchungen sind bereits im III. Teile d. W. veröffentlicht und durch zahlreiche Abbildungen veranschaulicht worden. 1878.

[2]) Die weiteren Einzelheiten über diese mühsamen, aber erfolgreichen Kulturversuche des Coprinus stercorarius werden in einem der nächsten Bände d. W. zur ausführlichen Veröffentlichung kommen. Sie sind hier nur in ihren wichtigsten Endresultaten kurz zusammengefasst.

Fruchtkörper zieht, eine Vergeilung in den Stielen zeigen, welche zur Ausbildung einer ganz exorbitanten Länge führt, unter Zurücksetzung der Ausgestaltung des Hutes, der hier nur langsam, aber doch endlich, zur Entwicklung kommt. Die normale Ausbildung der Fruchtkörper steht also hier unter dem Einflusse des Lichtes. Noch weiter gehende Vergeilungen in dem Stiele mit Ausbildung zahlreicher Auszweigungen konnte ich bei Entziehung des Lichtes an den Fruchtkörpern von Coprinus plicatilis auf Mistkulturen beobachten. Die normale Ausbildung des Hutes stand hier ganz ausschliesslich unter der Einwirkung des Lichtes. Sie blieb stets und so lange zurück, als das Licht abgehalten wurde. Bei Coprinus nycthemerus stellte sich sogar die bemerkenswerte Tatsache heraus, dass in den Kulturen auf Mist die Anlage der Fruchtkörper überhaupt ganz unterblieb, so lange die Einwirkung des Lichtes nicht stattfand. Die Entwicklung des Pilzes war eine rein vegetative in möglichst üppigen Mycelien, welche das ganze Substrat durchwucherten. Sobald aber das Licht auf diese Mycelien einwirkte, fand eine so üppige und reiche Anlage und Entwicklung der Fruchtkörper statt, wie sie sonst niemals auf vorher beleuchteten Substraten beobachtet werden konnte.[1])

Die für den letztgenannten Coprinus festgestellte Tatsache, dass schon die Anlage der Fruchtkörper auf den Mycelien unter dem Einflusse des Lichtes steht, konnte ich bei der kleinen, äusserst zierlichen Gasteromycetenform, dem Sphaerobolus stellatus, dessen Hymenienanlagen in Kugelform ausgeschleudert werden, in phänomenaler Art experimentell erweisen. Die Kulturen von Sphaerobolus in weissen, strangartig ausgebildeten Mycelien an der Oberfläche der bewohnten Substrate, vermodernde Holzformen, blieben unbeleuchtet vollständig steril, sie zeigten aber, sowie das Licht Zutritt bekam, eine so massenhafte Anlage und Ausbildung von Fruchtkörpern, wie sie unter normal beleuchteten Verhältnissen in der Natur niemals beobachtet worden ist.[2])

Ebenso zeigt sich auch im Finstern bei einer Form von Pilobolus, dem P. microsporus, zwar die Anlage von Fruchtträgern, aber ohne Ausbildung

---

[1]) Die näheren Ausführungen und Illustrationen über die Einwirkung des Lichtes auf den Coprinus plicatilis und auf C. nycthemerus finden sich in dem VIII. Bande d. W. in der Schlussabhandlung mit der Tafel XII.

[2]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen in der zitierten Abhandlung im VIII. Bande d. W.

des apicalen Sporangiums. Die Fruchtträger vergeilten bis zur Erschöpfung, bildeten aber sofort die Sporangien aus, wenn das Licht einwirkte.[1])

Es geht aus den hier mitgeteilten Einzelheiten klar hervor, dass wir bei den Pilzkulturen das Licht nicht ausschalten dürfen. Für die vegetative Entwicklung ist bisher die Notwendigkeit des Lichtes nicht sicher erwiesen. Für die Ausbildung der Fruchtkörper einer Anzahl von Formen ist, wie vorstehend ausgeführt wurde, die Mitwirkung des Lichtes entscheidend. Es folgt hieraus weiter, dass man zur Aufstellung der Kulturen Schränke verwenden muss, welche wenigstens zur einen Hälfte mit Glasscheiben versehen, also genügend beleuchtet sind.

Der Einfluss höherer Temperaturen für die Keimung der Pilzsporen wurde schon an einer früheren Stelle besprochen. Es bleibt hier noch übrig, ergänzend nachzutragen, dass auch für die weitere Entwicklung und die Ausbildung der Fruchtformen bei manchen Pilzen eine höhere Temperatur erforderlich ist. Es kommen hier vorzugsweise die Pilzformen in Betracht, welche an die Wärme des tierischen Körpers angepasst und weiter die Formen, deren Sporen bei unseren jetzigen Verkehrsmitteln aus warmen Gegenden in unsere gemässigten Klimate übertragen sind. Bei diesen Pilzen muss der Thermostat einsetzen und die Temperatur eventl. bis zur Körperwärme von 36—37 Grad gesteigert werden. Abgesehen von den Bakterien, deren Kultur im Thermostaten längst in Betrieb genommen ist, kommen bei uns Schimmelpilze vor, welche unter Umständen auch parasitisch auftreten, z. B. die Formen von Aspergillus niger im Ohre des Menschen, dann A. fumigatus an anderen Stellen des Körpers, weiter nicht parasitisch A. Oryzae und A. flavus etc. Von Aspergillus niger ist es mir schon vor mehr als 20 Jahren[2]) gelungen die Sclerotienbildung, welche, wie bei Penicillium, als die Vorstufe der Perithecien anzusehen ist, durch Kultur zu erreichen. Die Sclerotien traten in den Kulturen nur auf in den warmen Monaten des Sommers, erreichten aber niemals im Innern ihre volle Ausreifung. Ich habe keinen Zweifel, dass es gelingen wird, reife Sclerotien zu erziehen, wenn man den Thermostaten anwendet

---

[1]) Man vergleiche Figur 1–6 auf Tafel XII im VIII. Bande d. W. und die zugehörigen Ausführungen im Texte.

[2]) Man vergleiche die Abhandlung im IV. Teile d. W. Kultur verschiedener Ascomyceten aus dem Jahre 1882.

und bei höherer Temperatur, bis zu 37 Grad, den Pilz in der für Penicillium beschriebenen Form auf Brot in Kultur erhält. Auch für Aspergillus Oryzae, A. fumigatus und A. flavus dürfte es vielleicht in derselben Art gelingen, die bisher unbekannte Ascusfructification durch Anwendung höherer Temperaturen im Thermostaten zu erreichen. Es ist leicht, die bisherigen Kulturversuche mit Conidien nach dieser Richtung zu ergänzen. Ich habe es bisher nicht getan, weil ich von der Conidienkultur im Thermostaten Störungen befürchtete, die aber bei den jetzigen, grösseren Laboratorien mit den modernen Einrichtungen nicht mehr in Betracht kommen können. — Ich halte es weiter für wahrscheinlich, dass auch Kulturen von Conidien der verschiedensten Ascomyceten, bei welchen die zugehörigen Perithecien noch unbekannt sind, zu einer erfolgreichen Kultur im Thermostaten herangezogen werden können. Es ist nicht ausgeschlossen, dass auf diesem Wege die grossen Reihen der Fungi imperfecti erheblich gelichtet werden können, wenn nur die Versuche mit dem Einsatze aller modernen Hülfsmittel der Kultur in rationeller Weise angestellt werden.

Nachdem wir nun mit der Herstellung und mit den einzelnen Formen der Nährsubstrate, welche für die Kultur der Pilze zweckmässig zur Verwendung kommen können, bekannt geworden sind und die weiteren, nebenläufigen Hülfsmittel für eine erfolgreiche Ausführung der Kulturen kennen gelernt haben, handelt es sich jetzt um die Ausführung der Kultur der einzelnen Pilzformen im engeren, also um die Verwendung der verschiedenen Nährmedien zum Zwecke der Pilzkulturen. Als zuverlässige Grundlage, sozusagen als Ausgangspunkte jeder Kultur, kommen hier die Objektträger-Kulturen und mit ihnen die Aussaat der einzelnen Spore und die Gewinnung reinen Sporenmaterials, vor allem in Betracht.

Die Objektträger-Kulturen werden am besten unter kleinen Glasglocken, sogenannten Käseglocken, ausgeführt, für welche man als Unterlage flache Teller benutzen muss, auf deren innerem, schrägen Rande die Glasglocken zum sicheren Abschlusse gegen aussen angepasst sein müssen. Die Glocke wird nach unten durch sterilisiertes und sublimatisiertes Wasser (1 pro Mille) abgeschlossen, welches auf der Fläche des Tellers ausgebreitet, zugleich durch Verdunstung eine feuchte Luft herstellt. Die Teller müssen sehr vorsichtig so ausgewählt sein, dass die Innenflächen, auf welchen die Kulturleiterchen aus Zinkblech aufgestellt werden, genau horizontal abgeflacht sind, und die Kulturleiterchen nicht schief stehen. Die Leiterchen selbst werden aus Streifen

von nicht zu dünnem Zinkblech hergestellt in der Grösse, dass drei Objektträger nebeneinander liegen können, ebenso auf einer unteren und mittleren Etage drei Objektträger, also im ganzen neun Platz finden. Die Leiterchen müssen so breit sein, dass man die Objektträger bequem abnehmen und wieder auflegen kann, und dass sie auf der Unterlage sicher liegen. Es kommt alles darauf an, dass die Zinkleiterchen sehr exakt gemacht sind, dass die einzelnen Etagen genau horizontale Lage haben, so dass die Kulturtropfen, auf den Objektträgern ausgebreitet, unverändert bleiben und nicht abfliessen können. Die Objektträger in gewöhnlichem Vereinsformat aus weissem, möglichst dünnem Glase bedürfen der sorgfältigsten Reinigung. Ich habe für diesen Zweck gewöhnlich 2—3000 Objektträger in stetem Betriebe gehabt und die gebrauchten, der Reinigung bedürftigen Träger in grössere Glasgefässe mit Glaspfropfen eingeschüttet, welche etwa je 500 Objektträger fassen konnten und mit 10prozentiger Salzsäure gefüllt waren. Auf der Veranda im Freien aufgestellt, blieben diese Objektträger wenigstens ein halbes Jahr in der Salzsäure liegen, wurden erst dann in Massen abgewaschen und zu 50 oder 100 zusammengepackt, in radialer Richtung um die Mitte einer Porzellanschale ausgelegt, in welcher reines Wasser eine halbe Stunde lang im Kochen erhalten werden konnte. Die so sterilisierten Objektträger wurden nun einzeln, mit einer grossen, festen Pincette herausgenommen, mit sterilisierten Tüchern schnell abgetrocknet und in Paketchen zu 50 oder 100 in reinem Papier zusammengelegt. Die so sterilisierten Pakete von Objektträgern wurden in Glashäfen aufbewahrt, welche mit Glasdeckeln überdeckt oder mit sublimatisiertem Papier überbunden waren. Bei einem grossen Umtriebe in den Objektträgerkulturen konnten die gebrauchten Objektträger ohne Störung für ein halbes Jahr oder länger in der Salzsäure verbleiben, bis mehrere tausend angesammelt waren; sie erreichten hierdurch noch den besonderen Vorteil, dass sie nachträglich an der Oberfläche auch von der feinsten, fettigen Schicht vollständig befreit waren und dass nach erfolgter, weiterer Sterilisation die aufgetragenen Kulturtropfen sich leicht gleichmässig zu einer dünnen, gut abgerandeten Fläche auf der Mitte der Glasfläche ausbreiten konnten. Das letztere ist für die Sicherung der Kulturen unbedingt erforderlich, und nichts ist für ihren weiteren Verlauf mehr störend, als wenn die Objektträger auf der Oberfläche die Kulturtropfen nicht gleichmässig annehmen und dadurch die leichte Ausbreitung des Tropfens verhindert wird. Die Objektträger mit den Kulturtropfen und der ausgesäten Pilzspore in diesen werden mit Vorsicht auf den

Leiterchen untergebracht, die aber vorher einer vorsichtigen Reinigung und dann einer zweimaligen Abpinselung mit 90prozentigem Weingeist unterzogen werden müssen, damit alle Sporen an der Fläche des Leiterchens sicher getötet sind. Für die Erhaltung einer genügend feuchten Luft in den Kulturglocken ist die Verdunstung des auf dem Teller stehenden sublimatisierten Wassers allein nicht ausreichend. Es müssen die Innenflächen der Glocken mit Hülfe eines Pulverisators bei dem Ansetzen der Kulturen mit feinen Spreutröpfchen bespreut werden, sodass hierdurch eine möglichst grosse Verdunstungsfläche von Wasser entsteht, der Luftraum in der Glocke stets dunstgesättigt ist und dadurch ein Verdunsten der Kulturtropfen verhindert wird. Bei jedesmaligem Gebrauche der Glocken müssen die Spreutropfen mit dem Pulverisator erneut werden, was in der einfachsten und leichtesten Weise geschehen kann. Die Kulturglocken finden am zweckmässigsten ihre Aufstellung in besonderen Schränken, die aus zwei Fächern bestehen und zwei Türen haben, von welchen die eine solide ist, also das Licht ausschliesst, die andere mit einem Glasfenster versehen, also beleuchtet ist. Es ist besonders dafür Sorge zu tragen, dass die Schränke ganz gerade stehen und dass ebenso die einzelnen Fächer genau horizontale Flächen darbieten, damit ein Abfliessen der Kulturtropfen von den Objektträgern durch schräge Stellung der Kulturgefässe nicht eintreten kann.

Für die Kulturen im Thermostaten bei der Anwendung höherer Temperaturen ist es zweckmässig, kleinere Glocken und Teller zu nehmen, weil der Raum im Thermostaten ein beschränkter ist. Um hier den Niederschlag von Tautröpfchen einzuschränken, muss man allein die beiden unteren Etagen des Zinkleiterchens mit Objektträgerkulturen beschicken, oben aber über das Zinkleiterchen eine runde Glasscheibe legen, auf der sich dann die Tautröpfchen zumeist niederschlagen. Ebenso muss man Objektträger verwenden, welche an der Stelle des Kulturtropfens etwas ausgeschliffen sind, sodass der Kulturtropfen nicht leicht abfliessen kann. Dieses Abfliessen wird auch durch Verwendung von gelatinierten Nährlösungen erschwert, eventl. kann man auch bei ganz reinem Kulturmaterial kleine, flache Uhrschälchen für die Aussaat vieler Sporen verwenden, wenn es sich zunächst nur um die Feststellung der Sporenkeimung an sich handelt, und dann die Keimlinge aus diesen Uhrgläschen einzeln auf andere Objektträger übertragen.

Für die Aussaat der Sporen benutzt man am besten Nadeln mit langer, lanzettförmiger Spitze aus Stahl. Die Nadeln werden, bis an den hölzernen Griff, in einem kleinen Fläschchen eine Stunde vorher in 90prozentigen

Alkohol gestellt, worin sie dann sicher sterilisiert sind. Den Alkohol wischt man auf einem Blättchen von, mit Alkohol sterilisiertem, Fliesspapier vorsichtig und rein ab. Die Nadeln müssen an der lanzettförmigen Spitze glatt und blank bleiben und dürfen niemals ausgeglüht werden. Sie werden nach jedem Gebrauche wieder sterilisiert und in einem mit einem Glasdeckel versehenen Glascylinder aufbewahrt, der unten mit einem dicken Pfropfen aus sterilisierter Watte versehen ist, sodass die Spitzen der Nadeln nicht beschädigt werden können.

Das sterilisierte Fliesspapier gewinnt man einmal in der Art, dass man die Bogen des Fliesspapiers in geeignete, direkt brauchbare Teile zerschneidet und diese einen Tag in 90 prozentigem Alkohol liegen lässt. Das herausgenommene Papier wird schnell getrocknet und dann in Glascylindern aufbewahrt, die mit einer doppelten Lage von sublimatisiertem Papier überbunden sind. Das sublimatisierte Fliesspapier wird so hergestellt, dass man die Bogen in einer Lösung von Sublimat (1 oder 2 pro Mille) einen Tag stehen lässt, nach dem Abfliessen des Wassers im Trockenschranke schnell austrocknet und wiederum in den beschriebenen Glascylindern aufbewahrt.

Die Kulturen müssen in einem Kulturraum resp. in einem Zimmer mit Warmwasserheizung aufgestellt und ausgeführt werden, in welchem möglichst wenig verkehrt wird, in welchem der Fussboden leicht nass gereinigt, eventl. auch die Wände (mit weissem Oelanstrich) abgespritzt werden können, in welchem die Bildung von Staub also möglichst vermieden wird und vorsichtigerweise die Reinigung und Lüftung des Raumes nur bei Regenwetter zur Ausführung kommt.

Beachtet man diese Vorsichtsmassregeln genügend, so ist die Luft des Zimmers meist nahezu pilzfrei, und man kann sicher sein, dass aus der Luft während der kurzen Zeit, in welcher man die Kulturen ansetzen und beobachten will, keine Pilze aus der Luft hereinfallen. Aus langjähriger Erfahrung kann ich sicher aussagen, dass die Invasion fremder Pilzkeime aus der Luft in solchen Räumen kaum noch in Betracht kommt und dass, wenn Verunreinigungen in den Kulturen auftreten, diese von unreinem Sporenmaterial oder von nicht genügend gereinigten Utensilien, also von Objektträgern oder von Nadeln, herrühren. Es liegt hier die gleiche Erfahrung vor, welche man auch schon in der Chirurgie gemacht hat, wo man von der Antiseptik allmählich zur Aseptik übergegangen ist. Wie es dort geschieht, die Hände mit Seifenspiritus oder Alkoholseife zu reinigen und Kittel von Leinewand, die jede Woche gewaschen werden können, zu tragen, so ist es auch hier ratsam, in der gleichen Weise zu verfahren, nament-

lich vor jeder Kultur die Hände sorgfältig von etwa anhängenden Pilzkeimen mit Seifenspiritus oder Alkoholseife zu reinigen.

Wir kommen jetzt zu der Aussaat der einzelnen Spore, die unbedingt als Ausgangspunkt für die Kultur dienen muss, wenn diese einen sicheren, fehlerfreien Ausgang finden soll. Die Aussaat der einzelnen Pilzsporen ist nur auf einem einzigen Wege möglich, nämlich auf dem Wege der Verdünnung des Sporenmaterials. Die einzelne Spore ist selbstverständlich wegen ihrer Kleinheit nicht greifbar, man kann nur die Sporen von den sichtbaren Fruchtträgern, Sporangien oder Conidienträgern abheben, muss diese Sporen in reinem Wasser oder Nährlösung verbreiten, dann so weit verdünnen, dass mit einer Nadelspitze herausgenommene Proben, auf reine Objektträger übertragen, unter dem Mikroskop erkennbar, nur eine einzige Spore enthalten. Hier kommt die Natur resp. die Eigenart der einzelnen Fruchtformen, also die Art, wie sie ihre Sporen ausbilden und eventl. entleeren, in Betracht, und wir können die engere Ausführung dieser Verdünnungsform nicht an dieser Stelle ausführlich besprechen, sondern erst in den besonderen Fällen berücksichtigen, wenn wir später im zweiten Teile dieses Buches zu den Formen der einzelnen Pilztypen und ihrer engeren Kultur übergehen.

Eine andere Methode als die Verdünnung, um die Sporen zu isolieren und einzeln auszusäen, gibt es nicht. Hierbei ist selbstverständlich die erste Voraussetzung, dass das Sporenmaterial, welches für die Verteilung der einzelnen Sporen herangezogen wird, von genügender Reinheit ist. Von reinen Kulturen entnommen, ist dies für gewöhnlich der Fall. Bei nicht ganz zuverlässigem Material wird es notwendig, erst durch vorausgegangene Kulturen das Sporenmaterial zu reinigen und die einzelnen Pilzformen zu isolieren. Für diesen Zweck sind die Kulturen auf Gelatine ganz besonders geeignet. Man verdünnt das vermutungsweise nicht ganz reine Sporenmaterial mit reinem Wasser, bringt es auf die Oberfläche einer Gelatinekultur und breitet es auf dieser am besten mit der Unterfläche eines sterilisierten Uhrglases aus. Ist die Verdünnung so gewählt, dass auf der grösseren Fläche der Gelatine die vorhandenen Sporen sicher einzeln zur Entwicklung kommen müssen, so gelingt es, isolierte Kulturen von den einzelnen Sporen zu erhalten, von welchen dann das Sporenmaterial schon relativ rein gewonnen werden kann. Ist dies nach der ersten Kultur noch zweifelhaft, so kann man mit dem Sporen-

material aus der ersten Generation die ganze Prozedur noch einmal wiederholen und erhält dann sicher genügend reines Material für die Aussaat.

Bei sehr kleinen Sporen, die also als Beobachtungsobjekt unter dem Mikroskop schwerer zu finden und zu beobachten sind, wie z. B. bei den Sporen von Penicillium glaucum, kann man noch die besondere Hülfsmassregel einsetzen, dass man die Sporen erst in Nährlösung die ersten Stadien der Keimung erreichen lässt, welche gewöhnlich mit einer starken Anschwellung der keimenden Sporen verbunden ist, und dass man nun die, um das Mehrfache vergrösserten und leichter sichtbaren, Keimlinge zur einzelnen Aussaat verwendet. Die Eingriffe, die hier bei den jungen Keimlingen eintreten, schaden bei genügender Vorsicht zumeist nicht, und man kann so die kleinsten Sporen eben so sicher aussäen, wie die grösseren, leicht sichtbaren.

Hat man nur eine Spore in der Kultur ausgesät und sind weitere Störungen von aussen oder durch sonstige Verunreinigungen ausgeschlossen, so ist es leicht möglich, in jedem einzelnen Falle die Entwicklung der isolierten Spore in den Nährlösungen sicher zu verfolgen und die Entwicklung in dem Kulturtropfen zu erreichen, so weit seine Nährstoffe hierfür ausreichend sind.

Es gibt aber Fälle, wo die continuierliche Beobachtung der einzelnen Sporen wünschenswert, sogar erforderlich ist, um jede Täuschung auszuschliessen. Bei der Keimung der Brandsporen, speziell bei der Keimung der Sporen von Ustilago in Nährlösungen bilden sich beispielsweise sehr kurze Fruchtträger, Hemibasidien aus, an welchen die schnell auftretenden Conidien sich in direkter Sprossung in Hefenform rapide vermehren. Um den sicheren Nachweis zu führen, dass hier die in ungeheuren Massen auftretenden Hefen nicht fremde Eindringlinge, sondern Abkömmlinge von der ausgesäten Brandspore sind, ist es notwendig, die einzelnen, isolierten Brandsporen in Nährlösungen continuierlich zu beobachten, um in tagelang fortgesetztem Verlaufe der Beobachtung alle Einzelheiten der Formgestaltung in fortlaufender Folge fixieren und zeichnen zu können, wie dies in den einzelnen Untersuchungen des V. und des XII. Bandes d. W. geschehen ist.

Für diesen Zweck ist es unmöglich, offene Objektträger mit Nährlösungen zu verwenden. Man muss hier feuchte Glaskammern benutzen, auf deren Innenfläche man die einzelnen Sporen in dünnen Überzügen aus Nährlösung fixieren und ihre Entwicklung unter dem Mikroskop verfolgen kann. Man verteilt das Material der reinen Brandsporen in geeigneten

Nährlösungen in der Art, dass in herausgenommenen Proben nur eine Spore vorhanden ist. Man saugt dann diese Nährlösung mit den Sporen in eine feuchte Kammer, deren Kammerraum beiderseitig nur die Dicke eines Deckglases hat,[1]) lässt die Nährlösung ausfliessen und überzeugt sich dann, dass auf der Innenfläche der Kammer die Nährlösung gleichmässig verteilt ist, in welcher die einzelnen Sporen unter dem Mikroskop nun leicht für sich fixiert werden können. Die Kammern müssen natürlich vorher lange in concentrierter Schwefelsäure gestanden haben, um sie vollständig zu entfetten und an der Innenfläche leicht und sicher eine gleichmässige Benetzung zu erhalten. Es wird in dieser Art der Entwicklungsgang der einzelnen Spore, durch continuierliche Beobachtung verfolgbar, so gesichert, wie es sonst nur bei der einzelnen Spore auf offenem Objektträger gedacht werden kann.[2])

Auch selbst bei den kleinen Formen der Bakterien, z. B. bei den Sporen des Bacillus subtilis, wird in dieser Art die direkte Beobachtung der Keimung mit der Entwicklung neuer Stäbchen aus den keimenden Sporen sehr leicht und sicher möglich, und man ist in den Stand gesetzt, die Beobachtung von den ersten Keimstadien der Sporen bis zur Wiederbildung neuer Stäbchenketten und der Anlage neuer Sporen in diesen in ununterbrochenem Gange zu verfolgen.[3])

Es können aber noch andere Fälle eintreten, in welchen durch isolierte Entwicklung einzelner Sporen in feuchten Kammern auch physiologische Ziele mit der Kultur der Sporen verbunden sind. Es ist eine erwiesene Tatsache, dass es anaërobe Pilze gibt, welche in Nährlösungen ohne Mitwirkung von freiem Sauerstoff keimen und sich, mitunter mit veränderter Formgestaltung, entwickeln können; dies lässt sich in feuchten Kammern, deren Kammerraum in der Mitte auf eine kapillare Fläche eingezogen ist, leicht konstatieren.[4]) Wenn man die Sporen z. B. von Chlamydomucor racemosus in geeigneten Nährlösungen, in Würze, verteilt, die Lösung in eine solche Kammer einsaugt und wieder ausfliessen lässt, so kann man in dem kapillaren

---

[1]) Die Kammern sind abgebildet auf Seite 18, Figur 4 im IV. Teile d. W.

[2]) Die näheren Ausführungen mit den Abbildungen aus continuierlichen Beobachtungsreihen der einzelnen Sporen in den feuchten Kammern finden sich im V. Bande d. W. Brandpilze I.

[3]) Dies ist geschehen in der Abhandlung über Bacillus subtilis im IV. Bande d. W.

[4]) Vergl. Seite 17, Figur 3 im IV. Bande d. W.

Tropfen, der in der Mitte hängen geblieben ist, die einzelnen Sporen einstellen und tagelang sicher verfolgen. Leitet man nun durch diese Kammern einen starken Strom von reiner, sauerstoffreier Kohlensäure, bis die Kammern sicher von aller Luft befreit und nur mit Kohlensäure angefüllt sind, so kann man die Kammern, deren beiderseitige Röhrchen auf eine dünne Stelle vorbereitend ausgezogen sind, während der Durchleitung des Kohlensäure-Stromes mit dem Lötrohre leicht abschmelzen und erhält so die Kammern mit reiner Kohlensäure gefüllt, in welcher in dem kapillaren Raume die einzelnen Sporen in ihrem Verhalten in Kohlensäure, also ohne freien Sauerstoff, nun unter dem Mikroskop sicher verfolgbar sind. Es stellt sich heraus, dass die Sporen zwar langsam, aber schon mit dem zweiten Tage anschwellend, Keimungserscheinungen zeigen, dass sie je zu einer grossen, kugeligen Zelle anschwellen, dass diese Zellen kurze Auszweigungen treiben, die wieder kugelig anschwellen, und dass so Conglomerate von der bekannten Kugelhefe des Chlamydomucor in allen Grössenformen der einzelnen Sprosse entstehen, die erst zerfallen und zu wachsen aufhören, wenn die Nährlösung erschöpft ist. Zur Sicherheit kann man nachträglich, wenn die Kultur stille steht, die eine Spitze der Kammer unter Kalilösung abstossen und diese mit der Kalilösung vollsaugen lassen, um sich davon zu überzeugen, dass die vorhandene Kohlensäure vollständig ohne Luftreste absorbiert wird. Ebenso kann man in einer anderen Kammer durch Abbrechen beider Spitzen, also bei wieder eintretendem Luftzutritt, direkt beobachten, wie die einzelnen Glieder der Kugelhefe unter dem Einflusse des freien Sauerstoffes wieder zu fädigen Mycelien der gewöhnlichen Art auswachsen. Es ist hiermit der Beweis geliefert, dass die Sporen von Chlamydomucor in reiner Kohlensäure keimen, ohne freien Sauerstoff sich weiter entwickeln können bis zur Erschöpfung der Nährlösung, und dass hier eine Fadenpilzform vorliegt, welche unter auffallender Formveränderung anaërob zu vegetieren vermag.[1])

Natürlich kann man auch diese Beobachtung von einzelnen Sporen in hängenden Tropfen von Nährlösungen vornehmen, in der Art, dass man den Kulturtropfen mit den einzelnen Sporen auf ein grosses Deckglas verbreitet und dieses Deckglas in umgekehrter Lage als Deckel für die Öffnung einer kleinen, feuchten Kammer benutzt, welche durch Aufkitten eines beiderseitig

[1]) Die näheren Einzelheiten in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern, Alkoholgärung III, 1876, Tafel I.

geschliffenen Glasringes auf einem Objektträger leicht herzustellen ist.[1]) Es genügt eine dünne Schicht von Wasser auf dem Boden des kleinen Kammerraumes, um die Luft in diesem feucht zu erhalten und die Beobachtung der einzelnen Sporen für genügend lange Zeit unter dem Mikroskop ungestört durchzuführen. Die Beobachtung in hängenden Tropfen kann noch erleichtert werden dadurch, dass man die Sporen in gelatinierten Nährlösungen, die gegen Erschütterungen und Schwankungen nicht empfindlich sind, verteilt und diese dann, auf der untern Fläche des Deckglases ausgebreitet, in der eben angedeuteten feuchten Kammer der kontinuierlichen Beobachtung unterzieht.

In den Objektträgerkulturen kommt die Keimung der Sporen und die vegetative und fructificative Entwicklung der Pilzformen aus diesen, der sicheren Beobachtung zugänglich, nur soweit zur Geltung, als die ernährenden Hülfsmittel des Kulturtropfens hierfür ausreichend sind. Ein nachträglicher Zusatz von Nährlösungen in der gleichen Form der Verdünnung führt, wie schon früher angegeben wurde, den Gang der Kultur um eine kleine Strecke weiter, und darüber hinaus kann man auch die erschöpfte Nährlösung abfliessen lassen, mit sterilisiertem Fliesspapier die Abflussstelle abwischen und dann neue Nährlösung der früheren Concentration zusetzen. Die Entwicklung der Pilzformen wird hierdurch gesteigert und erweitert, so weit, als es überhaupt in dem Gange der Objektträgerkulturen möglich ist. In allen Fällen, wo das Resultat der Objektträgerkulturen als ein abschliessendes nicht anzusehen ist, muss dann die Kultur auf ausgiebigem und geeignetem Massensubstrate zur Ergänzung herangezogen werden.

Für diese Massenkulturen ist das reine Sporenmaterial, in Objektträgerkulturen gezogen oder auch sonst von grossen Fruchtkörpern der Pilze direkt gewonnen, ein erstes Erfordernis, wenn das Ergebnis der Kulturen ein fehlerfreies und wissenschaftlich gesichertes sein soll. Gerade bei diesen Massenkulturen zur Erreichung weiterer und höherer Entwicklungsstadien der Pilze ist die äusserste Vorsicht nötig, damit nicht fremde Keime sich einschleichen können. Die Ausführung der Aussaaten auf diesen Massensubstraten ist leicht und einfach auszuführen, indem man das reine Sporenmaterial in Nährlösungen vorsichtig verteilt und dann mit der sterilisierten, lanzettförmigen Nadelspitze auf die Oberfläche der Nährmedien in den kleinen, anhängenden Tröpfchen überträgt.

---

[1]) l. c. Band IV m. W., pag. 16, Figur 1 und 2.

Wie leicht gerade an dieser Stelle Fehlerquellen zur Geltung kommen können, und tatsächlich in früherer Zeit, ehe man die Fehlerquellen bei den Pilzkulturen richtig erkannt und zu vermeiden gelernt hatte, zur Geltung gekommen sind, lehrt am anschaulichsten der Gang der geschichtlichen Entwicklung der Kultur der Pilze, der hier in kurzen Zügen vermerkt sein mag.

Es war bekanntlich Tulasne, der die Kultur der Pilzformen zuerst mit nachdrücklichem Erfolge durchgeführt hat. Er benutzte aber für seine Kulturversuche nur Wasser und konnte auch hier nur Erfolg haben mit den wenigen Sporenformen der Pilze, welche in Wasser leicht und fructificativ auskeimen, wie wir es bei einzelnen Sporenformen der Phycomyceten, bei einzelnen Ascomyceten und Basidiomyceten und namentlich bei den Chlamydosporenformen der niederen und der höheren Pilze im Eingange dieser Abhandlung kennen gelernt haben. Erfolgreiche Kulturversuche mit Nährlösungen sind von Tulasne nicht mitgeteilt worden. Sie wurden erst gemacht, als er durch seine erfolgreichen Kulturversuche in Wasser hierfür die Anregung gegeben hatte. Die in Wasser nicht keimenden Pilzsporen wurden dann von den damaligen Mycologen in Nährmedien versucht, auf welchen man die Pilze in der Natur angetroffen hatte. Man kannte damals die Gefahren nicht, welche mit diesen Kulturen verbunden sind, wenn nicht vorher in den Nährsubstraten alle Pilzkeime getötet werden, wenn nicht das Sporenmaterial in vollkommener Reinheit zur Verwendung kommt und endlich eine Invasion aus den in der Luft verbreiteten Pilzkeimen für die Dauer der Kulturen mit Sicherheit ausgeschlossen ist. Man nahm die gewonnenen Resultate einer Aussaat auf den angewendeten, vermeintlich reinen Substraten als Entwicklungsformen der ausgesäten Pilze vertrauensvoll an, ohne zu erwägen, welche Verunreinigungen durch fremde Pilzkeime in dem nicht sterilisierten Substrate und in dem ausgesäten Sporenmaterial schon vorhanden sind, und welche weiter aus der Luft in die nicht genügend geschützten Kulturen hineingeraten können. Die Resultate waren fast stets irrtümliche und liefen darauf hinaus, dass die schnellst wachsenden Pilzkeime der allergewöhnlichsten Pilzformen in den Kulturen zur Herrschaft gelangten und dann als Entwicklungsglieder zu dem ausgesäten Pilze hineingezogen wurden. Penicillium glaucum und gemeine Mucorformen waren in den meisten Fällen der sich stets wiederholende Ausgang solcher Kulturen, der so lange unwidersprochen fortdauern konnte, bis die Entwicklungsgeschichte dieser Pilze durch Reinkulturen abschliessend und sicher

festgestellt war. Sowohl in Frankreich wie auch in Deutschland wurden irrtümliche Kulturergebnisse in nicht geringer Zahl mitgeteilt, welche die von Tulasne zuerst nachgewiesene Pleomorphie der Pilze bis zur vollständigen Regellosigkeit zu erweitern schienen. Diese wurden in Deutschland von de Bary und anderen bekämpft. Der Erfolg war aber ein geringer, da diese Forscher selbst die Methoden der Reinkultur nicht kannten und beherrschten und durch ihre Kulturversuche in unreinen Medien unvermeidlich selbst in Irrtümer geraten sind, welche sich nur unwesentlich von denen unterschieden, welche sie bei den früheren Autoren bekämpften. Durch die Kultur des Mucor Mucedo war von de Bary und Woronin[1]) beispielsweise ein Resultat gewonnen, durch welches vier verschiedene Pilzgattungen, Thamnidium, Chaetocladium, Piptocephalis und Chlamydomucor racemosus als Entwicklungsglieder mit dem Mucor Mucedo vereinigt wurden. Bis zum Ende der sechziger Jahre wurden diese Resultate als richtige Tatsachen angesehen und waren in der Mycologie als solche massgebend. Sie beweisen, wie ich bald zeigen konnte, aufs klarste, dass eine sichere Kulturmethodik in Nährlösungen in der Verfolgung der einzelnen Sporen auf dem Objektträger in dieser Zeit nicht bestand, und dass man weder über geeignete, pilzfreie Nährlösungen noch auch über die sichere Kultur der einzelnen Sporen in diesen Nährmedien verfügte.

Ich habe dann gleich im Beginn meiner mycologischen Tätigkeit im Jahre 1868 die geeigneten Nährlösungen klar und rein hergestellt und die Methode der Verdünnung angewendet, um die einzelnen Sporen mit Sicherheit auszusäen und verfolgen zu können. Ich konnte die Irrtümer aus den ersten Kulturversuchen von de Bary und Woronin über den Mucor Mucedo unwiderleglich nachweisen[2]) und die Entwicklungsgeschichte von Penicillium glaucum durch die Entdeckung der zugehörigen Perithecien[3]) abschliessend feststellen. Hiermit hatten zugleich die irrtümlichen Ergebnisse aus unreinen Kulturen, soweit sie auf Mucor und Penicillium hinausliefen, ein für alle Mal ihren Endpunkt erreicht. — An diese ersten Untersuchungen schliessen sich dann die Reihe der weiteren Arbeiten in dem gleichen Sinne an, welche ich in den nächsten Decennien über alle Pilz-

---

[1]) de Bary und Woronin, Beiträge zur Morphologie der Pilze, Heft II, die Entwicklungsgeschichte von Mucor mucedo.

[2]) Man vergleiche die Abhandlungen in dem I. Hefte d. W. Zygomyceten 1872 mit der vorzitierten Abhandlung von de Bary und Woronin.

[3]) Heft II d. W. Die Entwicklungsgeschichte von Penicillium glaucum.

formen ausdehnen konnte und in den bis jetzt erschienenen 14 Bänden meines Werkes niedergelegt habe. Diese Kulturformen sind inzwischen in weiteren Gebrauch gekommen und hier in dem vorliegenden Buche in allen Einzelheiten auf Grund fast 40jähriger praktischer Erfahrungen zusammengefasst worden.

Für die Durchführung zuverlässiger mycologischer Untersuchungen ist die Gewinnung des Sporenmaterials von den verschiedenen Pilzen in reiner Form das erste und unerlässlichste Erfordernis. Von dem reinen Sporenmaterial kann nur durch die Aussaat der einzelnen Spore und ihre continuierliche Verfolgung in allen Stadien der Entwicklung in den geeigneten, durchsichtigen, pilzfreien Nährmedien ein sicheres Resultat gewonnen werden, welches in den einzelnen Fällen der weiteren Ergänzung bedarf durch die Aussaat rein gewonnenen Sporenmaterials in sicher sterilisierten und zusagenden, nach aussen geschützten Massensubstraten.

Auch jetzt noch sind mitgeteilte Kulturergebnisse bei den Pilzen nicht immer als fehlerfrei anzusehen, wenn die Autoren nicht den Beweis geliefert haben, dass sie die Kulturmethoden völlig beherrschen, und wenn sie nicht die einzelne Spore zum Ausgange der Kultur gemacht haben.[1]) Gerade bei der Anwendung von den in der neusten Zeit so bevorzugten Gelatinekulturen ist die Möglichkeit von Irrtümern gegeben, wenn die Kulturen nicht von ganz reinem Sporenmaterial, ursprünglich von der Aussaat einzelner Sporen gewonnen, eingeleitet worden sind.

Die bis dahin mitgeteilten kulturmethodischen Hülfsmittel für die Keimung der Pilzsporen und für ihre erfolgreiche Kultur in den verschiedenen Nährlösungen und Nährsubstraten finden ihre vollgültige Anwendung für die grosse Zahl der Pilzformen, welche von toten, organischen Substanzen zu leben gewohnt sind, also für die Formen der Saprophyten. — Für die parasitisch lebenden Pilze, welche wir in der Natur auf Pflanzen und Tieren als Parasiten antreffen, gilt dies nur in beschränktem Grade und nur insoweit, als es gelingt, diese parasitisch lebenden Pilzformen unabhängig von ihren Wirten in den verschiedenen Nährsubstraten zur Entwicklung zu bringen. Die parasitisch an-

---

[1]) In diesem Sinne beurteile ich die in neuester Zeit erschienenen Arbeiten von P. Viala und P. Pacottet Anthracnose, Recherches sur les maladies de la vigne. Paris, Bureaux de la „Revue de Viticulture“, 1905.

gepassten, auf bestimmten Wirten lebenden Pilzformen müssen nun aber noch in dem Abschnitte ihrer Entwicklung verfolgt werden, welchen sie in ihren Wirten zurücklegen, und zwar im engen Zusammenhange mit den Störungen, welche sie in diesen durch ihren Parasitismus hervorrufen, und welche als Krankheitserscheinungen sich kundgeben.

Hier ist das Substrat, in welchem die Entwicklung des Pilzes verfolgt werden soll, die lebendige Pflanze, und es handelt sich darum, die Sporen auf ihren Wirten in den geeigneten, verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung auszusäen, das Eindringen der Infectionskeime in die Wirte und weiter anschliessend die Entwicklung der Infectionskeime in ihren Wirten im engen Zusammenhange mit der durch sie erzeugten Krankheitserscheinung zu verfolgen. Die Kultur der Sporen in Nährlösungen wird hier gleichsam ersetzt durch Infectionsversuche auf den Wirten und durch die erfolgreiche Beobachtung der eingedrungenen Infectionskeime an den verschiedenen Stellen der Wirte, an welchen die Krankheitserscheinungen auftreten.

Diese Infectionsversuche nehmen ihren sicheren Ausgang in der Beobachtung des Eindringens der Infectionskeime in ihre Wirte. Bei diesen Versuchen handelt es sich immer nur um die bestimmten Pilzformen, deren Keime allein befähigt sind, die betreffenden zugehörigen Wirte zu befallen und die Krankheitserscheinungen hervorzurufen. Es kommen also hier die Gefahren für die Einmischung und die Verwechselung mit fremden Pilzformen von vornherein in Wegfall, da diese ja nicht befähigt sind, als Parasiten auf den Versuchsobjekten zu leben. Die Vorsichtsmassregeln, welche für die Kultur saprophytischer Pilze in der Verfolgung der einzelnen Spore bis zum Abschluss ihrer vollen Entwicklung in den Nährlösungen in so umständlicher Art erforderlich waren, sind hier überflüssig geworden, da es sich hier ja nur um die erfolgreiche Infection der Parasiten handelt, für welche Verwechselungen und Täuschungen mit anderen Formen unmöglich sind. Bei den Infectionen können nur allein die parasitischen Pilze zur Entwicklung kommen, und der positive oder negative Ausgang der Versuche entscheidet von selbst, ob und wie weit dies geschehen ist.

Die specifisch parasitischen Pilze besitzen die Fähigkeit, ihre Wirte anzugreifen und in diese einzudringen. Das Eindringen der Infections-

keime erfolgt durch die Haut an jeder beliebigen Stelle oder in anderen Fällen durch die in der Oberhaut gegebenen Öffnungen, durch die hier vorhandenen Spaltöffnungen. In der Natur werden die Sporen der Parasiten zumeist durch die Luft vertrieben und also von selbst auf die Wirte und die empfänglichen Teile derselben übertragen. (Nur in wenigen Fällen sind hier Insekten mitwirksam, z. B. bei den Conidien des Mutterkornes.) Es handelt sich also für Infectionsversuche darum, die Infectionskeime im keimkräftigen Zustande in geeigneter Weise auf die Wirte in den Stadien ihrer Empfänglichkeit zu übertragen, das Eindringen der Keime zu begünstigen und dann den Verlauf der Kulturen an den Versuchsobjekten bis zum Eintritte der betreffenden Krankheit, die in der Regel mit dem Eintreten der Fructification des Pilzes zusammenfällt, zu verfolgen.

Die Form der Infection richtet sich nach der biologischen und morphologischen Eigenart der Pilze und der Versuchsobjekte. Bei insektenbewohnenden Pilzen, z. B. bei den Formen der Entomophthoreen[1]) und den Formen von Cordiceps, dringen die Infectionskeime direkt durch die Haut ein, und es genügt, die Sporen mit den Insekten in geeignete, direkte Berührung zu bringen. Bei parasitisch lebenden Ascomyceten, bei welchen die Sporen ausgeworfen werden, gelingt es meist leicht, die Ejaculation über den betreffenden Pflanzenteilen eintreten zu lassen, welche der Infection unterzogen werden sollen, z. B. von Rhytisma, Polystigma etc., wie es ja ähnlich in der Natur geschieht. Auch beim Mutterkorne[2]) lassen sich die Ascensporen auf die jungen Fruchtknoten des eben aufblühenden Roggens leicht zur Entleerung bringen. Man kann aber auch hier schon die Sporen für sich in Wasser auffangen, sie mit minimalen Mengen von Bierwürze in diesem verteilen und dann mit Hülfe eines Pulverisators auf die vorbereiteten Versuchsobjekte in kleinen Tropfen aufblasen. Auch bei den Uredineen[3]) ist eine direkte Übertragung der Basidiosporen aus den eben auskeimenden Teleutosporen auf die zur Infection

[1]) Die Infectionsversuche mit den Entomophthoreen sind ausführlich beschrieben in meiner schon zitierten ersten Abhandlung aus der Naturforschenden Gesellschaft in Halle 1871 und weiter in dem 6. Teile d. W. 1883.

[2]) Beim Mutterkorn sind namentlich von J. Kühn erfolgreiche Infectionsversuche ausgeführt und in seinen Krankheiten der Kulturgewächse beschrieben worden.

[3]) Bei den Uredineen sind von Oerstedt, de Bary und nachträglich von anderen Infectionsversuche mit günstigem Erfolge ausgeführt worden.

vorbereiteten Versuchspflanzen leicht möglich. Die Infection wird aber eine wirksamere, wenn man die Basidiosporen im Wasser mit Minimalmengen von Bierwürze auffängt und nun mit dem Pulverisator in feinen Tröpfchen auf die Wirte aufbläst. Ähnlich verhält es sich bei der Infection mit Uredo- und Aecidiosporen, bei welchen am zweckmässigsten der Pulverisator und sehr stark verdünnte Nährlösungen angewendet werden.

Das gleiche gilt nun auch von der Infection bei den Brandpilzen,[1]) wo man die unmittelbar keimenden Brandsporen oder auch die, von diesen in Nährlösungen kultivierten, Hefenconidien in verdünnten Nährlösungen mit Hülfe des Pulverisators am zweckmässigsten auf die Versuchsobjekte in den zutreffenden Entwicklungsstadien überträgt. Man kann bei einiger Übung diese Infectionsversuche mit viel grösserer Sicherheit auf Erfolg ausführen, als sie in der Natur selbst stattfinden können.

Bei den parasitisch lebenden, niederen Pilzen, den Peronosporeen[2]) beispielsweise, kommt alles darauf an, dass die Infectionskeime frisch gebildet sind, da sie nur eine kurze Keimdauer besitzen. Bei den noch Zoosporen bildenden Peronosporeen gelingt die Infection gewöhnlich am leichtesten. Bei ausgiebigem Materiale kann man den Pulverisator verwenden, sonst auch das Sporenmaterial, in reinem Wasser verteilt, mit Hülfe einer Nadel auf einzelne Stellen der Nährpflanzen auftragen, die man dann aber genau bemerken muss. Bei der Übertragung der Conidiensporen in Wasser wird die Zoosporenbildung begünstigt und dadurch die Infection erleichtert. Bei den verschiedenen Formen der Chytridiaceen,[3]) namentlich bei Synchytrium, muss man die Zoosporenbildung aus den Dauersporen abwarten und dann vorsichtig mit einer Nadel die Tröpfchen auf die Oberfläche der zugehörigen Wirte übertragen.

---

[1]) Die Infectionen mit den Brandpilzen sind erst mit sicherem und durchschlagendem Erfolge von mir durchgeführt worden, nachdem ich vorher die saprophytischen Abschnitte, welche diese Pilze ausserhalb ihrer Nährpflanzen durchlaufen, aufgedeckt und ihre Ergebnisse für die Infectionsversuche zur Hülfe herangezogen hatte. Die Resultate sind niedergelegt in dem V., XI., XII. und XIII. Teile d. W., Brandpilze I—IV.

[2]) Bei den Peronosporeen sind von de Bary vorzugsweise die Infectionsversuche mit den verschiedenen Formen dieser Familie erfolgreich ausgeführt worden. Recherches sur quelques champignons parasites. Ann. sc. nat. Tome XX. 4. Série 1863.

[3]) Auch für die Chytridiaceen muss hier auf die Untersuchungen von de Bary und Woronin 1863 und 1864 hingewiesen werden.

Ein besonders wichtiges Moment für erfolgreiche Infectionsversuche bei den parasitisch lebenden Pilzen ist in der Erkenntnis der Empfänglichkeitsstadien gegeben, in welchen bei den Wirten die Infection erfolgen muss. Bei den Parasiten, welche mit ihren Keimschläuchen durch die Spaltöffnungen eindringen, ist es meistens nicht von wesentlichem Belange, ob die Wirte sich in jugendlichen oder in entwickelteren Stadien befinden. Die Infection z. B. durch die Uredosporen und Aecidiosporen bei den Uredineen erfolgt zumeist an den entwickelten Pflanzenteilen. Die durch die Oberhaut direkt eindringenden Infectionskeime der Basidiensporen finden aber schon in entwickelten Pflanzenteilen Hindernisse für das Eindringen, welches hingegen in jugendlichen Stadien mit Leichtigkeit und Sicherheit erfolgt, solange die Oberhaut noch nicht ausgebildet und erhärtet resp. verdickt ist. Bei den Brandpilzen erfolgt das Eindringen der Infectionskeime nur in die jüngsten, noch weichen Gewebe, entwickelte und erhärtete Pflanzenteile sind vollständig immun gegen diese. Das Empfänglichkeitsstadium für diese Pilze ist also bei den meisten Getreidepflanzen nur in den ersten Keimstadien des Saatgutes gegeben, weiterhin sind die entwickelten Pflanzenteile vollständig immun. Ein zweites Empfänglichkeitsstadium kehrt erst wieder in den jungen Fruchtknoten der eben aufblühenden Ähren, die bis zu meinen neuesten Untersuchungen gänzlich unberücksichtigt geblieben sind.[1]) Bei dem Maisbrande, der in der grossen Maispflanze parasitisch lebt, sind junge Gewebe der Nährpflanze bis zur Blütezeit den Infectionskeimen zugänglich, und die Infection kann an der entwickelten Pflanze an allen Stellen eintreten.

Es handelt sich schliesslich noch um die Incubationsdauer, also um die Zeitfrist, welche vergeht von der Infection bis zum Ausbruche der Krankheit, die gewöhnlich mit der Fructification der Pilze zusammenfällt. Hier ist bei den insektenbewohnenden Entomophthoreen[2]) das Incubationsstadium von nur kurzer Zeit. Es währt bei den Kohlraupen, also bei der Entomophtora radicans, nur sechs Tage, bei der Empusa Muscae, also bei den Stubenfliegen, 10 bis 12 Tage, bei den Peronosporeen[3]) tritt in der Regel schon nach

---

[1]) Die Untersuchungen im XIII. Teile d. W. Brandpilze IV geben hierüber die weitere Auskunft.

[2]) Man vergleiche hierzu die schon zitierten Abhandlungen über die Entomophthoreen.

[3]) l. c. der Abhandlungen de Barys über die Peronosporeen.

ein bis zwei Wochen oder noch eher die erfolgreiche Infection zu Tage. Weiterhin ist bei den Uredineen,[1]) die nicht perennieren, die Incubation nur von kurzer Dauer. Der inficierte Pilz erscheint oft schon nach acht Tagen. Bei dem Pilze des Mutterkornes, Claviceps purpurea, vergehen ebenfalls nur wenige Wochen in der Blütezeit des Roggens, bis erst die Sphacelia Conidien und dann das Mutterkorn selbst in den Ähren zur Erscheinung kommt. Bei anderen Ascomyceten, bei dem schon genannten Rhytisma und bei Polystigma etc. ist es ähnlich. Wesentlich abweichend zeigt sich aber die Incubationsdauer bei den Formen der Brandpilze.[2]) Beim Maisbrande beträgt sie zwar kaum drei Wochen, bei dem Flugbrande und bei dem Stinkbrande dagegen umfasst sie die ganze Vegetationsperiode, vom Auskeimen des Saatgutes bis zu seiner Blütezeit. Die in die Saatkeimlinge eingedrungenen Infectionskeime bleiben äusserlich unerkennbar verborgen in den Geweben der inficierten Pflanzen, bis erst zur Blütezeit in den Blüten oder Fruchtknoten die Brandlager zur Erscheinung kommen. Bei der Blüteninfection des Flugbrandes beim Weizen und bei der Gerste, wo die Infection schon in den ersten Anlagen des Embryos erfolgt, überdauert der Parasit mit dem Fruchtkorn sogar die Samenruhe und kommt erst im folgenden Jahre nach der Aussaat der Körner, in den Blüten der aus diesen entwickelten Pflanzen, zur Brandlagerbildung.

Die Verfolgung der eingedrungenen Infectionskeime in den Wirten ist in den meisten Fällen ohne Schwierigkeit, aber nur innerhalb gewisser Beschränkungen möglich. Man trifft die Mycelien des Pilzes zunächst unterhalb der Infectionsstellen und kann von hier aus verfolgen, wie sie sich und auf wie weite Strecken sie sich durch die Gewebe der Wirte verbreiten, ob die Mycelien bloss intercellular oder auch intracellular mit Haustorienbildung in den Zellen leben. In vielen Fällen deuten die Veränderungen, welche sich schon äusserlich in den befallenen Wirten zeigen, auf die Stellen hin, welche von den Pilzen befallen resp. von den Mycelfäden durchwuchert sind. Es ist dies aber nicht immer der Fall, und eine besondere Ausnahme in dieser Beziehung machen die Brandpilze. Sie dringen in die jüngsten Saatkeimlinge ein, und die befallenen

[1]) l. e. der Abhandlungen über die Uredineen von de Bary.

[2]) l. c. meiner Arbeiten über die Brandpilze im XI. und XIII. Teile d. W., Brandpilze II und IV.

Pflanzen verraten äusserlich meist nichts von dem innewohnenden Parasiten, der erst als Ursache der Brandkrankheit in die Erscheinung tritt, wenn die Nährpflanzen ihre Blüten oder Blütenstände mit den Brandsporenlagern ausbilden. Man kann hier das Vordringen der Infectionskeime in den Saatkeimlingen durch die zarten Gewebe des Wirtes in fast gerader Richtung bis zur Vegetationsspitze deutlich verfolgen. Wenn diese erreicht ist, sind aber nachträglich die vegetativen Zustände der Pilze in der entwickelten und gestreckten Pflanze, die äusserlich ganz unverändert erscheint, schwer aufzufinden und meist nur in den Knoten der Halme nachweisbar. — Auch bei perennierenden Wirten anderer Parasiten stösst der Nachweis der Pilzfäden in den Geweben der Nährpflanzen auf grosse Schwierigkeiten, z. B. bei den Formen der perennierenden Exoasceen.

Zur Ergänzung mögen hier nur kurz noch die baumbewohnenden Basidiomyceten eine Erwähnung finden. Hier ist die Beobachtung der Infectionskeime auf den Wirten eine Unmöglichkeit. Auch Aussaatsversuche mit den Sporen haben nicht immer einen sichtbaren resp. unmittelbaren Erfolg. Die hier in Betracht kommenden, baumbewohnenden Pilze leben mit ihren Mycelien meist im Kernholze der Bäume, welches sie durchwuchern und zerstören.[1]) Der Splint der Bäume ist z. B. bei dem genau untersuchten Trametes Pini für den Pilz unzugänglich. Sein Eindringen kann allein erfolgen an den Aststümpfen grosser Bäume, an welche die Sporen angeweht werden und hier zweifellos zur Keimung und Entwicklung auf dem freiliegenden Kernholze gelangen. Ihre Mycelien dringen dann bis in das Kernholz des Baumes vor, und wenn sie eine entsprechende Üppigkeit erreicht haben, erfolgt wiederum an den Aststümpfen die Fructification des Pilzes in den prachtvollen Fruchtkörpern des Baumschwammes. Wenn man die Bäume in Querschnitte zersägt, kann man feststellen, dass die Fäule des Kernholzes, welche der Pilz bewirkt, nicht durch den ganzen Baum geht, sondern sich auf eine verhältnismässige Höhe und auf Teile in der Umgebung des an der Austrittsstelle eines Astes fructificierenden Pilzes allein erstreckt.[2]) Der Pilz lebt jahrelang in den Bäumen, bis er zur Fructification gelangt. Die baumbewohnenden Parasiten sind zuerst von R. Hartig einer genaueren Beobachtung

---

[1]) Die Zersetzungserscheinungen des Holzes sind in einem besonderen Buche von R. Hartig 1878 untersucht und hierbei ist auf das verschiedene Verhalten der holzzerstörenden Pilze und auf die verschiedene Art, in welcher sie auf die Membranen der Holzzellen einwirken, hingewiesen worden.

[2]) R. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. 1874.

unterzogen worden, welche dann von A. Möller[1]) ergänzt und vervollständigt worden ist.

Auch für den Hausschwamm,[2]) den Merulius lacrymans, der auf totem Holz in Häusern vegetiert, liegen die Verhältnisse ähnlich. Von den Sporen des Pilzes geht die Erkrankung des Holzes aus, an welchem dann, durch die Wärme in den Häusern begünstigt, nach mehr oder minder langer Zeit der zerstörenden Einwirkung der Mycelien die Anlage der Fruchtkörper des Merulius sich vollzieht.

---

1) A. Möller, Trametes Pini. 1904 bei J. Springer in Berlin.
2) R. Falck, Über den Hausschwamm. Leipzig 1906.

II. Die Anwendung der Kulturmethoden für die verschiedenen Pilzformen

nebst Beiträgen

zur Biologie und vergleichenden Morphologie der Pilze und zur natürlichen Wertschätzung ihrer Fruchtformen.

Es dürfte nunmehr angezeigt sein, nachdem wir die Methoden der Kultur und der Infection für saprophytische und für parasitische Pilze, von den einzelnen Sporen ausgehend, im allgemeinen kennen gelernt haben, jetzt auch noch die kulturmethodischen Hülfsmittel in ihrer engeren Anwendung für die einzelnen und speziellen Fälle bei den verschiedensten Formen der Pilze näher zu besprechen.

Es ist hierfür unerlässlich, die verschiedenen Pilzformen in systematischer Übersicht hier folgen zu lassen und damit zugleich den natürlichen Zusammenhang der zugehörigen Fruchtformen auf vergleichend morphologischer Unterlage hier anzuschliessen. Es ist dies um so notwendiger, als nach der biologischen Eigenart der verschiedenen Pilzformen und ihrer Fruchtbildungen auch die Hülfsmittel für eine methodische Kultur in anschliessender Art variiert werden müssen, wenn das Ergebnis ein sicheres und erfolgreiches sein soll. Es kommt hierbei vor allem in Betracht, ein richtiges morphologisches und biologisches Verständnis der Fruchtformen für sich und in ihrem natürlichen phylogenetischen Zusammenhange zu gewinnen, wie sie den einzelnen Gruppen der Pilze und ihren Formen zugehörig sind, um hiernach die Ziele der Kultur klar und sicher erfassen und verfolgen zu können und so auf dem Wege der Kultur geschlossene Entwicklungsreihen mit allen zugehörigen Fruchtbildungen zu gewinnen.

Die Gesamtheit der Pilzformen lässt sich in drei natürliche Gruppen zusammenfassen: Die einfachsten und kleinsten Formen sind die Spalt-

pilze, die **Schizomyceten,** dann kommen die Schleimpilze, die **Myxomyceten,** und endlich die grosse Masse der eigentlichen Pilze, der Fadenpilze, die **Hyphomyceten.**

Die Schizomyceten (Spaltpilze oder Bakterien).

Die Schizomyceten bilden die einfachste Formengruppe unter den Pilzen. Sie sind einzellige Organismen, ihre kleinen Zellen sind entweder rundlich oder länglich oder von länglich zylindrischer, mitunter gewundener Gestalt. Sie wachsen und teilen sich durch Spaltung nach einer, zwei oder drei verschiedenen Richtungen. Bei den meisten Formen erfolgt die Teilung der Zellen nach vorausgegangenem Wachstum aber nur nach einer Richtung. Die geteilten Zellen trennen sich meist bald von einander, bleiben jedoch mitunter, durch abgesonderte Gallerte, kolonienartig vereinigt. Bei den kleinsten, besonders aber bei den länglichen Formen treten schon bewegliche Zustände auf und ebenso erfolgt hier auch eine Sporenbildung in den einzelnen Zellen, welche an die Chlamydosporenbildung der Fadenpilze am meisten erinnert.

Nach ihrer Formbildung und ihrer Spaltung durch Zweiteilung und auch nach der Bildung der Sporen zeigen die Spaltpilze Anklänge an die Formen der Spaltalgen, von welchen sie sich aber durch den Flagellatenzustand der vegetativen Zellen wesentlich unterscheiden. Da es sich hier in beiden Fällen um Spaltpflanzen handelt, welche sich in der einfachsten Form teilen, so ist auf die Übereinstimmung in der Teilungsform kaum ein Wert zu legen, wenn man erwägt, dass bei so einfachen Organismen und bei so einfacher Form der Teilung eine gewisse Formübereinstimmung selbstverständlich ist.

Die Kultur der Spaltpilze und damit die schärfere Unterscheidung ihrer Formen ist erst möglich geworden durch die Einführung der Kulturen auf gelatinierten Nährsubstraten, durch welche die Isolierung der einzelnen Formen nach dem Verdünnungsverfahren durchgeführt werden konnte. Die Nährsubstrate mit Gelatine waren schon seit meinen ersten Untersuchungen aus dem Jahre 1869[1]) für die Fadenpilze von mir angewendet worden, ihre engere Verwendung für die Spaltpilze ist aber das besondere Verdienst von R. Koch[2]). Die Methodik, die

[1]) Brefeld, Untersuchungen über die Empusa Muscae und E. radicans, pag. 13. Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Halle, 1871.

[2]) Man vergleiche die verschiedenen Abhandlungen von R. Koch namentlich aus den achtziger Jahren des v. J.

einzelnen Keime auf der Nährgelatine zu isolieren, ist ebenfalls die durch mich eingeführte Form der Verdünnung. Es werden die Bakterienkeime enthaltenden Substanzen mit Wasser so weit verdünnt, dass bei der Übertragung und Verbreitung über die Oberfläche der Nährgelatine die Entwicklung der einzelnen Keime für sich getrennt erfolgen kann. Es ist hierbei notwendig, für die Isolierung der einzelnen Keime in der Verdünnungsflüssigkeit Sorge zu tragen, damit sie nicht zu mehreren zusammenkleben. Die isolierten, auf der Nährgelatine leicht unterscheidbaren Kolonien der Spaltpilze müssen dann auf ihre Reinheit geprüft und zur Sicherung der Reinkultur weiter kultiviert werden. Es ist so möglich geworden, aus den fraglichen Substanzen die einzelnen Bakterienkeime, namentlich in Krankheitsfällen, zu isolieren und als Infectionskeime rein zu gewinnen.

Trotz ihrer Kleinheit haben die Spaltpilze oder, kurz gesagt, die Bakterienformen durch ihre schnelle und massenhafte Vermehrung eine grosse, praktische Bedeutung gewonnen. — Bei verschiedenen ansteckenden Krankheiten sind die Bakterien als die Keime der Infection und die Erreger der Krankheiten, z. B. bei Milzbrand, Diphtheritis, Typhus etc. nachgewiesen. — Weiter sind die Bakterien die Erzeuger von Essigsäure, Milchsäure, Buttersäure etc. — Die Bakterien haben die Fähigkeit, organische Verbindungen zu zersetzen, das hier gebildete und ausgeschiedene Ammoniak zu oxydieren und den Stickstoff in Nitrit- und in Nitratverbindungen überzuführen. — Von einzelnen Formen, Azotobacter und Clostridium, wird die Fähigkeit angegeben, den freien Stickstoff der Luft direct in chemische Verbindungen überführen zu können.[1]) Ebenso sind auch Bakterienformen dadurch charakterisiert, dass sie den Stickstoff aus seinen chemischen Verbindungen wieder loszulösen imstande sind. Bei den letzt bezeichneten

[1]) Die in neuerer Zeit mit grossem Aufwande gegründeten bakteriologischen Institute, welche die Aufgabe verfolgen sollen, die im Boden tätigen, den freien Stickstoff der Luft assimilierenden Bakterien festzustellen und womöglich für die Landwirtschaft und die Bereicherung des Bodens mit Stickstoffverbindungen im grossen zu fixieren und nutzbar zu machen, haben einen durchschlagenden praktischen Erfolg bisher noch nicht gezeitigt, wohl aber ist diesen Anstalten in der Ausnutzung der Wasserfälle, z. B. Norwegens, für die Aktivierung des atmosphärischen Stickstoffes in der Herstellung von Calciumnitrat und Calciumcyanamit auf elektrischem Wege eine neue und energische Concurrenz erwachsen, welche indess die rein wissenschaftlichen Ziele der Aufklärung über die Wirksamkeit der Bakterienformen im Boden und ihre Beziehungen zu den Stickstoffverbindungen des Bodens nicht weiter berührt.

Qualitäten kommt die Bedeutung der Bakterien für die Praxis des Lebens und namentlich auch für die Landwirtschaft im engeren ganz besonders in Betracht. — Als Erreger der Fäulnis und anderer Zersetzungen in organischen Substanzen macht sich die Wirksamkeit der Bakterien überall in der Natur, meist mit üblen Gerüchen, bemerkbar und nimmt die Aufmerksamkeit der Hygieniker in erster Linie in Anspruch.

Erwägen wir die hier kurz hervorgehobene Bedeutung der Bakterien in pathologischer, zymotechnischer, landwirtschaftlicher und hygiener Beziehung, so tritt der Fortschritt, der in der Kenntnis der Bakterien auf der Grundlage der Gelatinekulturen für die Isolierung und Wirksamkeit der einzelnen Formen gewonnen ist, in das hellste Licht.

Als Parasiten treten die Bakterien bei den Pflanzen nur in vereinzelten Fällen auf. Es ist bis dahin ein einziger Fall mit Sicherheit festgestellt worden, bei welchem die Bakterien in den geschlossenen Pflanzenkörper eindringen. Die Anschwellungen in den Wurzeln der Leguminosen werden durch die Formen von Rhizobien verursacht, welche in noch unbekannter Art vom Boden aus in die Wurzeln eindringen, in den parenchymatischen Geweben der Wurzeln vegetieren und hier durch die Vergrösserung und Vermehrung dieser Zellen die Erscheinung der gallenähnlichen Wurzelanschwellungen verursachen. Es ist durch Hellriegel[1]) sicher nachgewiesen, dass diese Rhizobien in den Wurzelanschwellungen bei den Leguminosen eine Assimilation des freien Stickstoffes der Luft zu vermitteln vermögen. Es liegt hier der ausgeprägteste Fall einer symbiotischen Erscheinung im Pflanzenreiche vor. Die eingedrungenen Pilzkeime[2]) werden von ihren Wirten ernährt, und umgekehrt ver-

---

[1]) Hellriegel und Wilfosthe, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. 1888.

[2]) Über das Eindringen der Rhizogienkeime in die Nährpflanzen befinden wir uns bis dahin in vollständiger Unkenntnis. Da die Rhizogien nicht durch Spitzenwachstum wachsen, so wird es schwer, sich von dem selbständigen Eindringen der Keime in die Nährpflanzen eine Vorstellung zu bilden. Es ist hierbei auch nicht ausgeschlossen, dass noch Insekten mitwirksam sind, und dass diese mit ihren Stichen in die Wurzeln die Pilzkeime einführen. Die Wurzelknöllchen mit ihren Gewebewucherungen, die in sämtlichen Zellen von den Pilzkeimen angefüllt sind, erinnern an Gallenbildungen bei anderen Pflanzen. Nichts könnte interessanter sein, als wenn die Erscheinuugen der Symbiose durch die Rhizobien sich noch gar zu einer Triple-Alliance durch die Mitwirkung von Insekten steigern sollten.

mitteln die Pilze, in den Wirten lebend, die Assimilation des freien Stickstoffes, der weiterhin ihrer Ernährung zugute kommt. Weder die Rhizobien, aus den Wurzelanschwellungen isoliert und kultiviert, noch die Leguminosenpflanzen für sich lebend, vermögen den freien Stickstoff der Luft nachweislich zu assimilieren; nur in dem Zusammenleben beider wird die Überführnng des freien Stickstoffs in chemische Verbindungen vermittelt, die leider trotz aller eingesetzten Untersuchungen bis dahin nicht aufgeklärt ist, aber als sicher erwiesene Tatsache hingenommen werden muss.

In den weiteren Fällen von Krankheitserscheinungen bei den Pflanzen, die durch Bakterien verursacht werden, sind nachweislich Wundstellen, also Verletzungen, die Eingangsorte für das Eindringen der Bakterien in den Pflanzenkörper. Sie töten häufig, wohl durch enzymatische Wirkung, die von ihnen berührten Gewebszellen und können auch, bis zu den Leitbündeln vorgedrungen, in den leitenden Elementen dieser Bündel durch die Pflanzen vertrieben werden, um an anderen, fern gelegenen Stellen ihre zersetzende Wirksamkeit auszuüben.[1])

Schon bei den Bakterien kommt in hervorragender Ausbildung die enzymatische Wirkung ihrer Keime zur Geltung, ganz besonders, wenn sie ohne die Mitwirkung des freien Sauerstoffes vegetieren, also anaërob leben. Wir können hiernach auch bei den Bakterien Formen mit aërober und mit anaërober Lebensweise unterscheiden. — Weiterhin sind auch Formen bekannt geworden, welche die Fähigkeit haben, aus der Oxydation von Schwefelwasserstoff, Stickstoffwasserstoff resp. Ammoniak und Eisenverbindungen die Energiequellen zu schöpfen, welche sonst durch die Oxydation des Kohlenstoffs bei der Atmung gewonnen werden. Es sind dies die sogenannten Schwefel-, Eisen- etc. Bakterien.

In rein morphologischer Beziehung bieten die Bakterien nach ihrer einfachen Formbildung und der stereotypen Art ihrer Teilung und Vermehrung wenig Bemerkenswertes dar. Auch mit den stärksten Vergrösserungen ist über die Structur ihrer Zellen eine befriedigende Aufklärung noch nicht gewonnen worden, ebensowenig über ihre Bewegungs-

---

[1]) Von Erwin Smith sind die diesbezüglichen Bakterienkrankheiten in einer grossen Abhandlung zusammengefasst worden: Bacteria in relation to plant diseases (Carnegie Institution) Washington 1905.

organe, welche mit den früheren schwächeren Linsen kaum, mit den besseren Abbé'schen Objectiven dagegen sicher unterschieden werden können.

Die Kultur der Bakterien auf Nährgelatine ist eine einfache und leicht ausführbare. Sie ist allgemein in Verwendung gekommen und bedarf hier keiner ausführlicheren Besprechung mehr. Die Kulturformen bei den Fadenpilzen, welche in dieser Arbeit in erster Linie eine Berücksichtigung finden sollen, kommen bei den Bakterien nicht zur Verwendung.

Die Erhaltung und Aufbewahrung des einmal rein gewonnenen Materials der verschiedenen Bakterienformen ist kaum anders, als in der Fortdauer der lebendigen Kulturen in Reihen in Nährgelatine möglich. Die Form der Übertragung des Materials ist hier die der Stichimpfung auf neue Gelatine in Reagentienröhrchen, die ganz methodisch und leicht in den entsprechenden Perioden ausgeführt werden kann. Von wenigen Bakterienformen, z. B. von Bacillus subtilis, lässt sich das Material in der Sporenform in Massen herstellen und für unabsehbare Zeit trocken aufbewahren. Die Sporen sind nach langen Jahren noch so keimfähig, wie bald nach ihrer Bildung.

Höhere morphologische Bildungen in vegetativer und fructificativer Beziehung, durch welche die höheren Pilze ausgezeichnet sind, fehlen den Bakterien vollständig. Die Ziele der Kultur bei den Fadenpilzen, die Höhe der vegetativen Bildung zu erreichen und dann die verschiedenen Fruchtformen auf dem Wege der Kultur aus den vegetativen Zuständen zu gewinnen, ihre Zusammengehörigkeit zu den einzelnen Formen der höheren Pilze sicher festzustellen, liegt bei den Bakterien von vornherein ausserhalb der Fragestellung. — Ebenso sind auch die Invasionen durch die Keime anderer Pilze, als die von Bakterien selbst und die Möglichkeit von Täuschungen und Verwechselungen der Formen durch diese so gut wie ausgeschlossen.

Dagegen kommen nach einer anderen Richtung die Bakterien als störendes Element für die Kulturformen der höheren Pilze in erster Linie zur Wirksamkeit und müssen darum an dieser Stelle besonders berücksichtigt werden. Durch die Bakterien wird die Entwicklung der höheren Pilze, die Ausbildung ihrer Fruchtformen in den verschiedenen Substraten geschädigt oder gar verhindert. Es ist das erste Erfordernis für eine erfolgreiche Kultur der Fadenpilze, die Bakterienkeime resp. die schädliche Wirksamkeit der Bakterien in den Substraten auszuschalten. Dies ist mit grossen, zeitraubenden

Umständlichkeiten verbunden. Ehe die Sterilisierung der Substrate für Pilzkulturen mit sicherem Erfolge durchgeführt werden konnte, war es kaum möglich, weiter gehende und abschliessende Resultate durch die Kultur zu gewinnen. Hierfür mussten einmal die Erfahrungen über das Auftreten der Bakterien und ihren störenden Einfluss in den Kulturen sicher festgestellt und dann der Nachweis geführt werden, durch welche Umstände die gewöhnliche Methode der Sterilisierung, das Erhitzen auf den Siedepunkt, hier ohne Wirkung bleibt. Wenn ich an meine eigenen Erfahrungen zurückdenke, so stand ich früher bei sicher angenommener Sterilisierung des Substrates und dem fast steten Wiederauftreten der Bakterien in den Kulturen wie vor einem Rätsel. Dieses Rätsel wurde erst gelöst durch die Untersuchungen, welche ich über den Bacillus subtilis im Jahre 1877 anzustellen vom landwirtschaftlichen Ministerium veranlasst wurde.[1]) Ich fand hier, dass die Sporen des Bacillus subtilis die Siedehitze mit der grössten Leichtigkeit vertragen können, und dass nur höhere Temperaturgrade über den Siedepunkt hinaus die Sporen zum Absterben bringen. Die höheren Temperaturgrade konnten aber für die Substrate, namentlich für feste Substrate, z. B. für Brot, nicht verwendet werden, ohne seine physikalische Beschaffenheit und seine Verwendbarkeit für Pilzkulturen zu schädigen. Es musste hier also ein anderes Verfahren eingeschlagen werden, um eine sichere Sterilisierung resp. eine Tötung der Bakterienkeime zu erreichen. Dies geschah leicht, wenn die Nährmedien in flüssiger oder in durchtränkter Form nicht einmal, sondern wiederholt, in geeigneten Zwischenräumen erhitzt wurden. Die Sporen werden nicht getötet durch die Siedehitze, vielmehr zur baldigen Keimung angeregt. Sie keimen in den Substraten aus, und im vegetativen Zustande sind sie schon bei 55 bis 60 Grad Celsius leicht abzutöten. Die nach zweimaligem Erhitzen noch nicht zur Keimung gelangten Sporen keimen sicher aus, wenn eine abermalige oder noch zwei- bis dreimalige Erhitzung in etwas längeren Zwischenräumen vorgenommen wird. Nach fünfmaliger Sterilisation in der angedeuteten Form sind nach meinen Erfahrungen alle Bakterienkeime getötet, und die Substrate und also auch die Kulturen erleiden für die Folge keine weiteren Veränderungen mehr durch Bakterien. Erst durch diese Er-

[1]) Die diesbezügliche Abhandlung über Bacillus subtilis mit den neu gewonnenen Resultaten findet sich im 4. Teile d. W. 1882. Vorher in einem Vortrage in der Ges. der Naturforschenden Freunde 1878.

kenntnis ist es möglich geworden, die Substrate gleich bei ihrer Herstellung so weit zu sterilisieren, dass sie für unbegrenzte Zeit aufbewahrt und in jedem Augenblicke für die Kultur herangezogen werden können. Die Erleichterung und Sicherung für die Ausführung von Pilzkulturen ist durch diese Erfahrung und durch diese Methodik eine so grosse geworden, dass man jetzt, wie es in dem 1. Abschnitte des Buches an verschiedenen Stellen ausgeführt wurde, in der einfachsten und sichersten Weise die Kulturformen einleiten und durchführen kann, ohne nachträgliche Störungen durch Bakterien befürchten zu müssen. Man kann die sterilisierten Substrate mitnehmen in fremde Weltteile und an jeder beliebigen Stelle die Kulturen der Pilze in jedem Augenblicke, wo sich das geeignete Material darbietet, zur Ausführung bringen.

Ich habe noch zur Sicherung der Sterilisierung Versuche dahin gemacht, dass ich die Sporen von Bacillus subtilis, welche bei Kulturen in Flüssigkeiten aus den oberflächlich gebildeten Kahmhäuten des Bacillus schnell und sicher zur Ausbildung kommen und sich dann als Niederschlag zu Boden senken,[1]) den verschiedenen flüssigen und festen Nährmedien zusetzte und nun durch Versuche ad hoc feststellte, eine wie oftmalige Erhitzung notwendig wird, um die eingeführten Sporen sicher zu töten. Häufig war schon nach dreimaliger Sterilisierung, namentlich in Flüssigkeiten, das Nährmedium sterilisiert, besonders dann, wenn nach zweimaliger Erhitzung eine längere Pause von 2 bis 3 Tagen eingesetzt wurde. Jedenfalls aber war nach fünfmaliger Sterilisierung das Substrat keimfrei. Auch in grösseren Massensubstraten reichte eine vier- bis fünfmalige, höchstens sechsmalige Sterilisierung aus, die Medien keimfrei und dauernd haltbar zu machen. Bei Mist oder anderen Substraten sowie bei Nährflüssigkeiten, kann man auch höhere Temperaturen im Dampftopf oder im Ölbade anwenden, da diese Medien nicht leicht verändert werden. Beim Brote, dem besten Massensubstrate für Fadenpilze, treten aber durch höhere Temperaturen physikalische Veränderungen ein, namentlich durch starke Quellung der Stärkekörner, welche den Mycelien dieser Pilze in ihrer fortschreitenden Entwicklung ungünstig sind und die spätere Entwicklung der Pilze nachträglich beeinflussen.

---

[1]) l. c. meiner Abhandlung über Bacillus subtilis im IV. Bande d. W.

Die Myxomyceten (Schleimpilze).

Wie die Spaltpilze, die Bakterien, eine natürliche Gruppe von Formen unter den Pilzen darstellen, welche ohne verwandtschaftliche Beziehungen zu der übrigen Pflanzenwelt bis dahin geblieben sind, so bilden auch die Formen der Schleimpilze eine natürliche Gruppe für sich, welche nach bisherigen Erfahrungen aller verwandtschaftlichen Beziehungen entbehrt, und darum als eine Klasse für sich beurteilt und betrachtet werden muss. Das Charakteristische bei den Formen der Schleimpilze ist darin gegeben, dass ihre vegetativen Zustände in der Form von Amöben und Plasmodien dauernd membranlos bleiben. Die membranlosen Zustände zeigen also, nicht durch starre Membranen gehindert, freie Bewegungen, mit Ortsveränderungen verbunden, und erinnern hierin an bekannte Erscheinungen in der Tierwelt. Der membranlose Zustand erreicht erst sein Ende, wenn die zusammengekrochenen oder zu Plasmodien verschmolzenen Amöben in ihrer Gesamtheit zur Fruchtbildung übergehen. Nun erst werden aus den vorher durch Zweiteilung gebildeten Zellkernen mit Protoplasma Sporen gebildet, welche Membranen besitzen unter gleichzeitiger weiterer Ausscheidung von Membranen in Capillitium- und Columellaform und evtl. in Sporangienmembranen, welche die Masse der Sporen einheitlich und fruchtkörperartig zusammenschliessen. Im fructificativen Zustand zeigen diese Pilze Übereinstimmungen mit den Fruchtkörpern höherer Pilze oder auch mit den Sporangienträgern der niederen Pilze. Hierin liegt ihre äussere Übereinstimmung mit den Fruchtformen der Fadenpilze. In den vegetativen Zuständen, die aus der Keimung der Sporen hervorgehen, in Schwärmern resp. Amöben, welche sich durch Zweiteilung vermehren, gehen sie auf den membranlosen Zustand wieder zurück, der auch noch fortbestehen bleibt, wenn die Amöben zu Plasmodien zusammenkriechen oder verschmelzen. In dem ersten Abschnitte, in der vegetativen Entwicklung, tragen die Schleimpilze einen tierähnlichen Charakter, in dem zweiten, fructificativen Abschnitte zeigt sich eine vollständige Ubereinstimmung mit Fruchtkörpern von niederen und von höheren Pilzen.

Man unterscheidet unter den Schleimpilzen zwei Formenreihen. Die erste, einfachere, besitzt Amöben, die sich durch Zweiteilung vermehren, zur Fructification zusammenkriechen, ohne zu verschmelzen, und aus der Masse der zusammengekrochenen Amöben, aus den Scheinplasmodien, die Fruchtkörper bilden. — Bei der zweiten, offenbar höher ausge-

bildeten Abteilung verschmelzen die Schwärmer resp. Amöben miteinander zu wirklichen Plasmodien, zu grossen, weichen Sarcodemassen, welche freie Bewegung besitzen, und aus welchen sich dann erst nach mehr oder minder längerer Zeit vegetativen Lebens die Fruchtkörper ausbilden. — Die Formen mit Scheinplasmodien aus zusammengekrochenen Amöben sind erst von mir im Jahre 1869 aufgefunden worden und in Dictyostelium begründet und weiterhin durch Polysphondylium bereichert worden. Auch die einfachsten Formen der Guttulinen, welche noch keine Fruchtkörper besitzen, habe ich schon im Jahre 1870 untersucht, wurde aber durch den Krieg abberufen, ehe ich ganz sicher darüber war, dass hier eine Verschmelzung der Amöben nicht stattfindet. Die anfängliche, nicht von mir ausgehende Annahme, dass aus den zusammengekrochenen Amöben transitorisch ein Plasmodienzustand hervorgehe, habe ich schon bald nachher berichtigen, aber erst durch die Untersuchungen von Polysphondylium 1882 veröffentlichen können. Durch lange fortgesetzte Kulturen in grösster Zahl, welche in vollster Üppigkeit nur in reinen, bakterienfreien Nährlösungen möglich waren, habe ich alle die verschiedensten Stadien der zu der Anlage der Fruchtkörper zusammengekrochenen Amöben untersucht und sicher nachgewiesen, dass zu keiner Zeit eine Verschmelzung der Amöben stattfindet, vielmehr in der zusammengekrochenen Amöbenmasse, in den Scheinplasmodien, die central gelegenen Amöben zu sterilen Stielzellen werden, während die übrigen Amöben zur Bildung von Sporen übergehen, wenn sie mit Beendigung der Stielzellen auf die Spitze des gebildeten Stieles zusammengekrochen sind.[1])

Die Kultur dieser Formen der Schleimpilze ist eine sehr einfache. Sie gelingt in bakterienfreien Nährlösungen in der Frist von 4 bis 6 Tagen mit voller Sicherheit, und man kann sie in allen einzelnen Stadien der Entwicklung auf Objektträgerkulturen mühelos beobachten und bis zu Ende verfolgen. Es ist nur nötig, dass die Bakterien ausgeschlossen werden, welche die Kulturen stören.

Auf Massensubstraten, auf ausgekochtem Pferdemist, sind die Kulturen nur dann erfolgreich, wenn das Substrat nicht zu trocken ist. In dem vegetativen Zustande sind die Amöben, ihre Vermehrung durch Teilung, die Bildung der

---

[1]) Die näheren Einzelheiten sind in meiner Abhandlung über Dictyostelium und Polysphondylium im VI. Teile d. W. einzusehen.

Scheinplasmodien auf hinreichend feuchtes Substrat angewiesen; erst in fructificativem Zustande treten sie über das Substrat hinaus, um ihre Fruchtkörper auszubilden. Das ausserordentlich zierlich verzweigte, in seinem quirligen Aufbau äusserst bemerkenswerte Polysphondylium violaceum ist offenbar eine südlich lebende Form, die ich bei meinem längeren Aufenthalte in Italien nach dem Verluste meines einen Auges in Rom auffand und nach meiner Rückkehr in Deutschland noch in Kultur nehmen und abschliessend untersuchen konnte.

Bei der eigenartigen Entwicklung dieser Schleimpilze, ihrer Auskeimung zu Amöben und nicht zu Mycelien, ist eine Invasion und Verwechselung mit den Formen der Fadenpilze so gut wie ausgeschlossen. Man kann unbedenklich ganze Sporangien oder grössere Sporenmengen aus diesen zur Kultur verwenden, kann die Auskeimung der einzelnen Sporen zu Amöben sicher verfolgen, hat aber hier nicht nötig, eine einzelne Spore zum Ausgange der Kultur zu machen.

Die bisher beobachteten Formen der Schleimpilze mit Scheinplasmodien sind Mistbewohner, und das Material für die Kulturen ist auf ausgelegtem, frischem Miste, der hinreichend feucht erhalten wird, und am besten auf genügend feuchter Unterlage sich befindet, leicht zu gewinnen. Ich habe Dictyostelium auf Kaninchen- und Hasenlosung gefunden, die hinreichend angefeuchtet und auf feuchtem Fliesspapier ausgelegt war, und wiederholt in ganz reiner Form und üppiger Entwicklung angetroffen, ebenso auch auf Fäkalien von Kühen, die weniger von grossen Mucorineenformen bewohnt werden. Auch auf Pferdemist sind nach dem Abblühen der Mucorineen diese zierlichen Schleimpilze fast immer anzutreffen, wenn nur für hinreichende Feuchtigkeit des Substrates nachträglich gesorgt ist.

Es ist unschwer möglich, das einmal rein gewonnene Material der vorgenannten Formen mit Scheinplasmodien in fortlaufender Kultur zu behalten, auf sterilisiertem Pferdemist oder auch auf Sägespänen, welche mit Mistdecoct und einem geringen Zusatz von Bierwürze gedüngt sind. Die Sporen dieser Pilze bleiben in diesen Kulturen bis 5 Monate keimfähig und können zu jeder Zeit von den Fruchtträgern entnommen, zu neuen Kulturen, namentlich auch für Unterrichtszwecke verwendet werden.

Bei den Formen der Schleimpilze mit fusionierten Plasmodien ist die Kultur in reinen Nährlösungen ebenfalls eine leichte. Die Sporen

keimen vielfach schon in Wasser aus, sicherer in verdünnten Nährlösungen. Man kann die Teilung der Amöben und ihre sich später anschliessende Verschmelzung zu Plasmodien auf dem Objektträger bei kleinen Formen leicht verfolgen. Bei einem Physarum, welches auf Mist lebt, kann man die Sporen nach mehrmaliger Kultur auf Massensubstrat von sterilisiertem Pferdemist unschwer rein aus den Sporangien gewinnen und dann durch Aussaat dieser Sporen in Mistdecoct die Keimung der Sporen in Amöben, die Zweiteilung d. i. Amöben und die Bildung von wirklichen Plasmodien aus der Verschmelzung dieser Amöben unter dem Mikroskope leicht und sicher verfolgen.[1]) Die Plasmodien zeigen hier, wenn man die verbrauchte Nährlösung abfliessen und neue zutreten lässt, während mehrerer Tage eine lebhafte Vegetation in Ortsveränderungen und starken Protoplasmaströmungen, bis endlich die Plasmodien aus dem Kulturtropfen herauskriechen und ihre einfachen Fruchtkörper auf dem trockenen Teile des Objektträgers zur Ausbildung bringen. — Auch bei Ceratiumformen, die meistens relativ rein auf ihren Substraten in der Natur auftreten, kann man von frisch gebildeten Fruchtkörpern die Sporen, die hier schliesslich conidienartig abgeschnürt werden und von selbst abfallen, leicht auf Objektträgern auffangen, in Mistdecoct, mit Bierwürze oder Pflaumendecoct versetzt, ihre Auskeimung, die Teilung der Amöben und ihre spätere Verschmelzung zu Plasmodien beobachten. Eine Fruchtkörperbildung erfolgt hier aber erst bei Aussaaten auf Massensubstraten, wo die Plasmodien während der vegetativen Periode im Substrate bleiben, um dann über die Oberfläche des Substrates hervorzutreten und zn fructificieren. Die Keimung und Plasmodienbildung kann man von beliebigen Schleimpilzen leicht beobachten, auch ihre Fructification, wenn die Fruchtkörper nicht gar zu gross sind, auf Massensubstraten erreichen. Als Massensubstrat sind hier ganz besonders Sägespäne, mit Mistdecoct und etwas Bierwürze oder Pflaumendecoct durchtränkt, für die Kultur geeignet. Die Erscheinung, dass die Plasmodien im vegetativen Zustande im feuchten Substrate leben, also das feuchte Substrat gleichsam aufsuchen, und erst zur Fructification über das Substrat hinausgehen, also dann das feuchte Substrat fliehen, eventl. auch

---

[1]) Die Keimung der Myxomycetensporen in Schwärmern resp. Amöben ist zuerst von de Bary, Die Mycetozoen 1859, beobachtet worden. Die Verschmelzung der Amöben zu Plasmodien hat Cienkowski (Jahrbücher f. w. B. III, 325 u. 400) zuerst festgestellt und die Annahme widerlegt, dass aus einzelnen Amöben die Plasmodien durch Wachstum entstehen können.

beliebige Pflanzen an der Oberfläche als Hülfsmittel benutzen, um daran anzusteigen und zu fructificieren, also die Fructification in der Luft ausserhalb des feuchten Substrates auszuführen, lässt sich überall in der Natur beobachten. Das Sporenmaterial für die Kulturen ist von den zahlreich verbreiteten und namentlich im Beginn des Herbstes auf dem von kleinen Pflanzen bewohnten Boden nicht zu dichter Waldbestände und auch an feuchtem Holze leicht und sicher aufzufinden. Von frisch gebildeten Fruchtkörpern können die Sporen ohne weiteres zur Kultur verwendet werden; es handelt sich nur darum, dass sie bakterienfrei sind und durch diese keine Störungen in die Kulturen eingeführt werden. Verunreinigungen oder vielmehr Verwechselungen durch Fadenpilze sind hier ebenso, wie bei den Bakterien so gut wie ausgeschlossen.

Auch hier ist es rätlich, das einmal rein gewonnene Material von Formen mit kleinen Fruchtkörpern in steter Kultur zu erhalten, um dasselbe zu jeder Zeit verfügbar zu haben. Für diese Kulturen auf Massensubstraten sind wiederum Sägespäne, welche mit Mistdecoct und geringem Zusatz von Würze oder Pflaumendecoct versetzt sind, die geeignetsten Nährmedien.

Unter den einheimischen Schleimpilzen ist bisher nur eine Form bekannt geworden, welche parasitisch lebt. Es ist dies Plasmodiophora Brassicae,[1]) welche auf Kohl ziemlich auffällige Missbildungen erzeugt. Ich habe diesen parasitisch lebenden Schleimpilz nur einmal in allgemeiner Verbreitung, in der Umgebung von Münster, angetroffen, aber in einem Material, aus welchem es nicht gelang, bakterienfreie Kulturen herzustellen. Es kann aber kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Kultur des Pilzes in Nährlösungen gelingen wird, und dass durch sie noch manche interessante Einzelheiten in seiner Entwicklung festgestellt werden können.

Hyphomyceten (Fadenpilze).

Die Fadenpilze bilden die dritte natürliche Gruppe der Pilzformen. Sie machen die eigentliche Masse der Pilze aus, und die Fadenpilze sind immer von selbst gemeint, wenn nicht besonders von Bakterien oder Schleimpilzen die Rede ist. Ihr Formenreichtum ist ein überaus grosser. Sie steigen von kleinen Formen an bis zu den riesenmässigen Bildungen in Fruchtkörpern, welche in den grossen

---

[1]) Die Untersuchungen über Plasmodiophora Brassicae sind von Woronin ausgeführt und in den Jahrb. f. w. B. Bd. XI, p. 548 veröffentlicht worden.

Schwämmen, in der Natur verbreitet, vorkommen. Im Vergleich zu dem Formenreichtum der Fadenpilze bilden die Spalt- und Schleimpilze nur verschwindend kleine Gruppen von Formen.

Erst mit den Fadenpilzen treten die grösseren, reich verzweigten, durch Spitzenwachstum ausgezeichneten, vegetativen Zustände, die Fadensysteme, in die Erscheinung, welche man als Mycelien zu bezeichnen pflegt. Von diesen Mycelien werden die Fruchtträger und die Fruchtkörper ausgebildet, durch welche die verschiedenen Formen der Fadenpilze charakterisiert sind. Die kleinen Sporen dieser Fadenpilze, resp. ihre Fruchtträger, werden durch die Luft vertrieben; sie bilden eine Verunreinigung der Atmosphäre und verbreiten sich durch die Bewegungen der Luft in der Natur über weite Flächen. Durch den Reichtum in der Sporenbildung und die leichte Verbreitung der ausserordentlich kleinen Sporen kommen hier erst die Schwierigkeiten der Kultur und namentlich die Fehlerquellen für die Kultur dieser Pilze zur Geltung, welche im Eingange unserer Darstellung besonders berücksichtigt sind. Bei der höheren morphologischen Differenzierung und der Eigenart in der biologischen Ausbildung dieser Pilzformen in ihren Fructificationen treten jetzt erst Aufgaben für die Untersuchung der Formen auf, welche bis dahin keine Geltung gewonnen haben. Es handelt sich darum, im Wege der Kultur die Höhe der vegetativen Entwicklung der Mycelien in ihren verschiedenen Formbildungen zu erreichen und dann auf diesen Mycelien die Fruchtformen zur Ausbildung zu fördern, welche oft in der Vielzahl den Formenkreis der einzelnen Form ausmachen können.

Bei diesen Kulturversuchen ist es nun notwendig, die einzelne Spore zum Ausgangspunkte der Entwicklung zu machen, um hierdurch jede Verwechselung auszuschliessen, die Substrate von allen vorhandenen Pilzkeimen sicher zu sterilisieren und für die Dauer der Kultur auch jede Invasion fremder Pilzkeime von aussen auszuschliessen. Es erscheint im Anfange mühsam, die Entwicklung von einer Spore herzuleiten, aber die schnelle Entwicklung, wie sie den Pilzen eigentümlich ist, gleicht die im Anfange eingesetzte Mühe schnell wieder aus, und wir gelangen auf diesem, mit aller Vorsicht und mit Ausschaltung aller Fehlerquellen eingeleiteten Wege zu sicheren, jede Verwechselung ausschliessenden Resultaten. In der Kultur der Fadenpilze kommt erst die Bedeutung und die sichere Herrschaft der Kulturmethodik

zur richtigen Wertschätzung, ohne welche das letzte Ziel, die gesicherten und abgeschlossenen Entwicklungsreihen der einzelnen Formen zu gewinnen, nicht erreicht werden kann.

Man hat die Fadenpilze wohl auch als eigentliche Pilze, als „Eumyceten", bezeichnet. Diese Bezeichnung ist weniger charakteristisch und weniger einfach, als die der Hyphomyceten, der Fadenpilze, welche den Charakter dieser Form gegenüber den Spalt- und Schleimpilzen in der klarsten und besten Weise ausdrückt.

Überblicken wir die ungeheure Formenzahl der Fadenpilze, welche der Formenzahl aller übrigen grünen Pflanzen nicht zu weit nachstehen dürfte, und welche in breiter Formausbildung bis zu ganz eigenartigen, höchst differenzierten und auch durch ihre Grösse besonders auffälligen Fruchtkörperbildungen ansteigt, so können wir uns der Erkenntnis nicht verschliessen, dass wir es in der Gesamtheit der Fadenpilze mit einer natürlichen Abteilung von Pflanzenformen zu tun haben, welche der Reihe der grünen Pflanzen gegenüberstehen und welche es rechtfertigen, die Pilze neben den grünen Pflanzen und neben den Tieren zu einem eigenen Reiche der Pilze resp. der Verwesungsorganismen zusammenzufassen.

Die Fadenpilze haben nach unseren derzeitigen Kenntnissen keinerlei verwandtschaftliche Beziehungen zu den Spaltpilzen und zu den Schleimpilzen. Wir können dagegen die einfachsten Formen der Fadenpilze, die noch in Wasser leben, von homologen Formen wasserbewohnender, grüner Fadenalgen ableiten, welche überall verbreitet sind. Diese niedrigsten Formen der Fadenpilze lassen sich mit der Bezeichnung algenähnliche Pilze oder Phycomyceten natürlich zusammenfassen. Sie zeigen schon innerhalb ihrer Formenreihen eine mehr oder minder ausgeprägte terrestrische Ausbildung und eine Lebensform ausserhalb des Wassers auf organischen Nährmedien in der Natur.

Von diesen Formen der Phycomyceten lassen sich nun in der unzweideutigsten und klarsten Weise die Formen der höheren Fadenpilze ableiten, bei welchen die terrestrische Lebensweise, die Ausbildung der Fruchtformen für terrestrische Verbreitung fortschreitend und in vollendeter Anpassung beobachtet und verfolgt werden kann. Diese Formen der höheren Fadenpilze, welche ich als Mycomyceten, den Algen ähnlichen Pilzen, den Phycomyceten, an-

geschlossen habe, sind wohl auch wieder als Eumyceten bezeichnet worden. Ich habe diesen Ausdruck absichtlich vermieden, weil er nicht berechtigt ist, da auch die algenähnlichen Pilze als echte Pilze beurteilt werden müssen, und da weiter der Ausdruck zu Verwechselungen Anlass gibt, weil er ja schon einmal für die Gesamtheit der Fadenpilze einzusetzen versucht worden ist.

Wir beginnen unsere Betrachtung mit den einfachsten Formen, den algenähnlichen Pilzen, den

Phycomyceten (niedere algenähnliche Pilze). Die noch zur Zeit allverbreitet vorkommenden Formen der Phycomyceten zeigen in den wenigen noch jetzt wasserbewohnenden Typen eine so vollständige Übereinstimmung in der Formbildung mit den homologen Formen der grünen Algen, dass man sie wohl zu einem Formenkreise verbinden könnte, in welchem nach der einen Seite die grünen Formen der Algen den nicht grünen Formen, den Pilzen, nach der anderen Seite gegenüberstehen. In der Familie der Saprolegniaceen haben wir algenähnliche Pilze, die geschlechtlich sind und eine oogame geschlechtliche Differenzierung zeigen, wie sie den korrespondierenden, oogam differenzierten Algen eigentümlich ist. Auch in der ungeschlechtlichen Fortpflanzung haben wir hier Sporangien mit in Wasser beweglichen Schwärmsporen, wie sie die Algen besitzen, und ebenso besteht in dem Verhältnis der ungeschlechtlichen und der geschlechtlichen Fortpflanzung und ihrer Aufeinanderfolge kaum ein Unterschied. Allerdings ist unter den Saprolegniaceen nur mehr eine Form in Monoblepharis bekannt, bei welcher noch Spermatozoiden vorkommen, welche Oosphären befruchten. Bei den übrigen Formen führen die Antheridien in der Art die Befruchtung aus, dass sie sich an die Oogonien anlegen, mitunter in diese hineinwachsen und die befruchtenden Spermakerne übertreten lassen. Die einfachsten Formen der Saprolegniaceen leben in Wasser meist auf toten Insekten oder auch auf Vegetabilien, Holz, Früchten etc., welche im Wasser von den Pilzen befallen werden. Die Mycelenden resp. -spitzen mit ihren Sporangien und Oogonien treten als weisse Fäden aus den Substraten mehr oder minder weit hervor und rechtfertigen die Bezeichnung von Wasserpilzen, die hier auf ihren Substraten sichtbar werden. Bei den Formen von Saprolegnia, Achlya und anderen treffen wir im Beginn der Vegetationsperiode diese Pilze zumeist in nur ungeschlechtlicher Fortpflanzung in Sporangien mit Schwärmsporen an. Nimmt man diese Formen in fortlaufende Kultur, so treten späterhin auch Oogonien mit Antheridien auf, zumeist neben den ungeschlecht-

lichen Sporangien, und man kann mit Hülfe der Schwärmsporen von den Sporangien die Kultur fortsetzen und die weitere Ausbildung der geschlechtlichen Fructification neben der ungeschlechtlichen beobachten, bis mit dem Beginne des Winters die Bildung der Sporangien zurückgeht und die Fortdauer der Form in den befruchteten, zu Oosporen umgewandelten Oosphären im Dauerzustande für die Ruheperiode gesichert ist. Die Dauersporen keimen zumeist erst in der nächsten Vegetationsperiode direkt zu Sporangien aus, deren Schwärmer die neue Vegetation fortsetzen. — Bei Achlya treten in einer, auch von mir kultivierten und untersuchten Form zunächst Individuen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung auf, dann Oogonien ohne Antheridien, deren Oosphären direkt und unbefruchtet in Dauersporen übergehen, die im nächsten Frühjahr zur selben Zeit auskeimen, wie sonst befruchtete Oosphären es tun.

Die Kultur dieser Pilze ist ausserordentlich leicht.[1]) Wenn man nur an den natürlichen Standorten der Pilze Fliegen, Mücken oder andere Insekten auf Wasser wirft, werden diese bald von den im Wasser verbreiteten Schwärmsporen der Pilze befallen, und wenn man nun die befallenen Insekten aus dem Wasser herausnimmt, diese vorsichtig auf ausgekochtes reines Wasser überträgt und dann diese Übertragung in kurzen Intervallen auf neue Gefässe mit ausgekochtem Wasser vorsichtig genug vornimmt, so bekommt man bald Kulturen der Pilze, möglichst frei von Bakterien. Die von der Kultur entlassenen Schwärmsporen befinden sich fast in jedem Tropfen des Wassers, und wenn man einige Tropfen von diesem Wasser herausnimmt und in andere Gefässe mit ausgekochtem Wasser überträgt, auf dessen Oberfläche man Mücken oder Fliegen geworfen hat, so erfolgt die Infection durch die Schwärmer in kürzester Frist ganz von selbst und schon in wenigen Tagen hat man eine neue und fast reine Kultur des betreffenden Pilzes. Statt der Fliegen und Mücken kann man auch mit bestem Erfolge sterilisierte Fleischfasern verwenden, auf welchen die reinsten Kulturen herzustellen sind. Hier lassen sich die vorhin angegebenen Beobachtungen

[1]) Die in Wasser lebenden Pilzformen, namentlich die Saprolegniaceen, sind von allen Fadenpilzen zuerst untersucht und entwicklungsgeschichtlich aufgeschlossen worden. Es hat dies seinen Grund darin, dass alle Einzelheiten in dem durchsichtigen Wasser der Beobachtung leicht zugänglich waren, ohne eine besondere Kulturmethodik. Es liegen hier seit dem Anfange der fünfziger Jahre des vor. Jahrh. in fast ununterbrochener Folge bis jetzt die Untersuchungen von Thuret, Pringsheim, de Bary, Cornu etc. vor, die allgemein bekannt sind.

in Reihen-Generationen leicht durchführen bis zu dem Ende der Vegetationsperiode.

Es liegt von vornherein nahe, dass diese Pilze auch in flüssigen Nährmedien leben und hier direkt ohne das Substrat von Insekten oder Fleisch kultiviert werden können. In Fleischdecoct mit Würze lassen sich von reinen Kulturen, auf Fleichfasern ausgehend, leicht die einzelnen Schwärmsporen zur Kultur bringen. Man erhält hier aus den zur Ruhe gekommenen und bald mit Membranen bekleideten Schwärmern grosse, verzweigte Mycelien, die man sonst, in den Insektenleibern vegetierend, nicht sehen und direkt beobachten kann. Die Mycelien breiten sich in dem ganzen Kulturtropfen aus und bleiben in allen Verzweigungen fast ohne Scheidewände. Sie erreichen in den ausgiebigen Nährmedien die grösste Üppigkeit und kommen nun erst in den der Erschöpfung zuneigenden Nährlösungen zur Bildung von Sporangien mit Schwärmsporen, die dann um so reichlicher angelegt werden. Man kann diese Erschöpfung der Nährlösungen durch Verdünnung oder durch Abfliessenlassen der Nährlösung und ihre vorsichtige Ersetzung durch Wasser schneller und früher erreichen, wenn hierbei nur die Plasmolyse vermieden wird.

Die Kultur dieser Pilze in den geeigneten Nährlösungen auf Objektträgern, die ich schon in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre in Berlin [1]) in grossem Umfange ausgeführt habe, ist eine überaus leichte. Die Mycelien pflanzen sich hier in dünnen Nährlösungen zumeist ungeschlechtlich fort, in concentrierten Nährflüssigkeiten werden alsbald auch Oogonien mit Antheridien angelegt.

Bis vor etwa 30 Jahren waren unter den Saprolegniaceen vorzugsweise nur die auf Insekten lebenden Formen bekannt. Erst nachträglich sind, namentlich durch Cornu [2]) und durch Thaxter, [3]) weitere Formen gefunden worden, welche

---

[1]) Ich habe die Kulturen von Formen der Saprolegniaceen in Nährlösungen in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre des vor. Jahrh. mit besonderer Vorliebe betrieben, aber unterlassen, hierüber zunächst Mitteilung zu machen. Erst nach dem Verluste meines Auges, nach mehrjähriger Pause, habe ich dann im Jahre 1881 im IV. Teile d. W., Seite 110, kurz und nebenläufig, vorbehaltlich einer besonderen Publication, hierüber berichtet. Durch meine vielen anderweitigen, mycologischen Untersuchungen, die in den nächsten neun Bänden d. W. niedergelegt sind, bin ich dann von der ausführlichen Mitteilung abgehalten worden.

[2]) Cornu, Ann. sc. nat. 5. Serie, Tom. XV, 1872.

[3]) Man vergleiche hierzu die verschiedenen Abhandlungen, welche von Thaxter in den letzten fünfzehn Jahren, namentlich in der Botanical Gazette, veröffentlicht sind.

auf vegetabilischen Substraten in Wasser leben. Die Formen der Monoblepharideen und der Leptomiteen, die Thaxter in Amerika gefunden und beschrieben hat, sind auch bei uns in allen möglichen stillstehenden Gewässern allverbreitet, und man kann das Material für die Kulturen leicht gewinnen, wenn man Holz und Früchte unter Wasser wirft, an welchen sich diese Pilze bald anzusiedeln pflegen. Bei den Früchten muss man nur dafür sorgen, dass sie nicht von grösseren Wassertieren aufgefressen und beschädigt werden. Dies kann geschehen, indem man die Früchte in Messingnetze bringt, zu welchen die Tiere schwer Zutritt gewinnen können. Von den namentlich auf den verschiedensten Früchten angesiedelten Pilzen lassen sich dann auf das leichteste Kulturen in Nährlösungen herstellen und in diesen ihre Entwicklung in vegetativer und fructificativer Beziehung, zumeist in bevorzugten ungeschlechtlichen Generationen, dann auch in geschlechtlichen Generationen, mühelos und sicher verfolgen. Eine grössere Untersuchung über diese Formenreihen, welche mein früherer Schüler und Assistent in Breslau, Herr Dr. von Minden, auf meine Veranlassung eingeleitet hatte, hat die weite Verbreitung sowohl von Monoblepharideen wie von den Leptomiteen in den von Thaxter beschriebenen Formen in der Nähe von Breslau sichergestellt; es sind nur leider diese Untersuchungen, ehe sie abgeschlossen waren, durch den Abgang des Herrn Dr. von Minden[1]) aus seiner Stellung zum Stillstande gekommen. Durch das Hülfsmittel von Früchten und anderen Pflanzenteilen, die man ad hoc unter Wasser erhält, deren Wiederfinden durch grobe Messingnetze, welche die inficierenden Schwärmer zulassen, erleichtert wird, dürfte es zweifellos gelingen, die bisher bekannt gewordenen Formen durch weitere noch nicht gefundene Formtypen noch wesentlich zu bereichern und den Nachweis zu führen, wie allverbreitet diese Formen in der Natur vorkommen, die bisher nur erst von Amerika und wenigen Standorten in Deutschland, resp. Breslau, bekannt geworden sind.[2])

---

[1]) In einem Vortrage in der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur hat Herr Dr. von Minden im Jahre 1902 über die hier angezogenen Untersuchungen der Saprolegniaceen eine vorläufige Mitteilung veröffentlicht.

[2]) Über Monoblepharis-Formen sind nach Cornu durch v. Lagerheim weitere Mitteilungen erfolgt und in Mycologischen Studien II Untersuchungen über die Monoblepharideen in Bihang till K. Svenska Vet. Ak. Handl. XXII. Afd. III, n. 8. 1900 veröffentlicht worden. Endlich liegen noch die neuesten Untersuchungen über Monoblepharis und Nägelia vor, welche von Woronin in den letzten Jahren vor seinem Tode ausgeführt sind. Mitteilungen der Akademie in St. Petersburg.

Von den Vegetabilien bewohnenden Formen der Saprolegniaceen, von Monoblepharis, von Nägelia, von Rhizidium, von Araiospora etc. ist die Kultur in Nährlösungen noch leichter auszuführen, wie von den Insekten bewohnenden Typen. Um das einmal gewonnene, reine Material dieser Form zu erhalten, ist es zweckmässig, die Kulturen auf Früchten verschiedener Art, und auch auf abgestorbenen Reisern resp. auf Holz in der Art auszuführen, dass man Zweigstücke und Früchte von aussen sterilisiert und sie dann in sterilisiertes Wasser überträgt. Die Ansiedelung der Pilze auf diesen Substraten durch Schwärmer, welche in das reine Wasser übertragen werden, erfolgt meist leicht und sicher, und man kann die Pilzformen auf diesen Substraten für lange Zeit erhalten, um dann immer wieder neue Kulturen in der beschriebenen Weise einzuleiten.

Die Formen der Saprolegniaceen gehen, wie es schon länger bekannt ist, zu Formen über, bei welchen die Mycelien, also die Vegetationskörper, mehr und mehr zurücktreten. Wir haben diese Erscheinungen schon in den Formen von Ancylistes, Polyphagus, Rhizidium etc. in fortschreitender Rückbildung, bis endlich in den Formen von Chytridium und Synchytrium der vegetative Zustand von einer Schwärmspore ausgehend, sozusagen nur in einer Zelle fortdauert, welche nachträglich in toto zu einem Zoosporangium wird. Die Kultur dieser Formen in Nährlösungen ist noch nicht versucht, wird aber unzweifelhaft gelingen und zu bemerkenswerten Resultaten führen können, wenn es möglich geworden ist, die Schwärmsporen der Formen rein zu erhalten und die Kulturen in klaren Nährlösungen bakterienfrei durchzuführen. Hier harren noch Untersuchungen, die wahrscheinlich interessante Aufschlüsse ergeben werden, der weiteren und engeren Ausführung.

Von den Formen der Gattungen Chytridium und Synchytrium leben eine Anzahl sozusagen schon terrestrisch, in den Zellen von Landpflanzen, meist in Epidermiszellen von Phanerogamen. Sie haben trotz der terrestrischen Lebensweise den Schwärmzustand in den Sporangien noch beibehalten, erhalten ihre Form in grossen Dauersporen, von welchen es schwer sicher zu erweisen ist, ob sie geschlechtlichen Ursprungs sind.

Von den Formen der Saprolegniaceen zeigen schon die Arten der Gattung Pythium eine terrestrische Anpassung. Sie leben aber nicht mehr im Wasser, sondern als Parasiten in phanerogamen Pflanzen, in welche sie einzudringen vermögen, ihre Mycelien ausbreiten, die dann meistens nach aussen

ihre ungeschlechtlichen Fruchtträger ausbilden, während die geschlechtlich erzeugten Oosporen im Inneren der Nährpflanzen zur Ausbildung gelangen.

Diese Formen machen den Übergang zu der Familie der Peronosporeen, deren zahlreich verbreitete Formen als ganz terrestrisch angepasste Parasiten von oft grosser Schädlichkeit auf den verschiedensten phanerogamen Pflanzen eine weite Verbreitung, z. B. auf Kartoffeln, Weinreben etc., gefunden haben. Ein Teil, und zwar die einfachsten Formen unter den Peronosporeen, bilden an der Aussenfläche der Nährpflanze, meist an der Oberfläche aus den Spaltöffnungen hervortretend, Fruchtträger aus, welche an den Spitzen durch Anschwellung Sporenanlagen bilden, die erst nach dem Abfallen in Wasser oder bei hinreichender Benetzung Schwärmsporen aus ihrem Inhalte ausbilden.

Diesen Formen, als Zoosporiparae zusammengefasst, bei welchen die Schwärmsporenbildungen an die frühere Lebensweise ihrer Stammformen in Wasser erinnert, schliessen sich nun andere an, bei welchen dieselben Sporenanlagen gebildet werden, aber schon nicht mehr zu Sporangien werden, resp. zur Zoosporenbildung übergehen können, bei welchen vielmehr das ganze Sporangium eine Spore bildet, die man nun als Conidie bezeichnet. Diese Conidien in der Form und in der Grösse der früheren Sporangien zeigen zunächst noch einen bestimmten Ort der Keimung an der Stelle, wo sonst die Schwärmsporen austraten, und dann verliert sich bei den ausgebildeten, am meisten terrestrisch angepassten Formen auch dieser Charakter, und die Conidien keimen an jeder beliebigen Stelle ihres Umfanges zu Keimschläuchen aus.[1]) Die Peronosporeen bilden im Inneren der Nährpflanze Oogonien aus, welche von angelegten Antheridien mit ihren Spermakernen befruchtet werden und die zur Erhaltung der Formen bestimmten Oosporen ausbilden. Die Conidien der Peronosporeen haben zumeist nur eine kurze Keimdauer, sie sind für die Verbreitung resp. unmittelbare Infection der Nährpflanzen während der Dauer der Infectionsperiode bestimmt. Sie sterben früh ab, und die Form wird dann durch die Oosporen bis zur nächsten Vegetationsperiode erhalten. Die Oosporen keimen, wie schon früher beschrieben ist, nach überwundener Ruheperiode im nächsten Frühjahr

---

[1]) Die hier angeführten Untersuchungen über die Peronosporen sind vorzugsweise von de Bary in den sechziger Jahren des vor. Jahrh. ausgeführt worden. [Recherches sur quelques champignons parasites. Ann. sc. nat. Tome XX. 4. Série 1863.]

leicht in blossem Wasser aus, und von den hier gebildeten Zoosporangien oder Conidienträgern mit Conidiensporen geht die Entwicklung auf den inzwischen wieder vorhandenen Nährpflanzen fort. Im Beginn und auch während der Dauer der Vegetationsperiode ist die ungeschlechtliche Fortpflanzung in Conidienträgern auf der Oberfläche der Nährpflanzen bei den meisten Formen vorherrschend, und erst weiterhin treten die Oosporen innerhalb der Nährpflanzen auf. Die Oosporenbildung ist mitunter bevorzugt in einzelnen Teilen der Nährpflanze, namentlich in den Blütenteilen. In dem Pilz der Kartoffelkrankheit, Phytophthora infestans, liegt ein sicher erwiesener Fall vor, bei welchem Oosporen nicht zur Ausbildung kommen und nur die Conidienträger auf der Oberfläche der befallenen, hier schnell absterbenden Pflanzenteile beobachtet werden können. Der Pilz erhält sich hier nicht durch die Dauerzustände in Oosporen, sondern durch Mycelien, welche in den unterirdischen Knollen der Kartoffel langsam fortvegetieren, von welchen dann bis zum nächsten Jahre die weitere Verbreitung des Parasiten ausgeht. Von dem Kartoffelpilze habe ich feststellen können, dass seine Conidien direkt oder auch die Zoosporen aus diesen in Nährlösungen, aus jungen Kartoffeln hergestellt und mit etwas Bierwürze versehen, leicht kultiviert werden können. Es bilden sich grössere, verzweigte, von Scheidewänden kaum durchsetzte Mycelien aus, deren Enden über dem Kulturtropfen in Conidienträger übergehen, sich einfach verzweigen und in succedaner Folge Conidien in kaum geringerer Zahl ausbilden, wie es von den Fruchtträgern auf den Nährpflanzen geschieht. Die Oosporen liessen sich bis jetzt in diesen Kulturen mit Nährlösungen auch nicht erzielen, wohl aber können wir nach der leichten Ernährung des Pilzes in Nährlösungen mit allem Grunde annehmen, dass der Pilz von seiner Überwinterung in den Kartoffelknollen saprophytisch in der Erde weiter wächst, über die Oberfläche der Erde kommt und von hier aus in seinen Conidienträgern die Erzeugung der Kartoffelkrankheit in dem oberirdischen Kräutig der Nährpflanze, immer erst in vorgerückter Zeit, etwa im August, bewirkt. Es ist kaum zweifelhaft, dass auch die übrigen Formen der Peronosporeen einer Ernährung in Nährlösungen zugänglich sind, wenn deren Herstellung nur richtig eingeleitet wird. Hiernach lässt sich annehmen, dass Kulturen nach dieser Richtung erfolgreich sein werden und noch zu wichtigen ergänzenden Resultaten führen können. Die Infection der Nährpflanzen erfolgt in der Natur durch die Conidien der Conidienträger oder durch die Schwärmer aus diesen, wo solche noch zur Ausbildung gelangen. Infections-

versuche mit den Conidien und mit den Schwärmern haben nur dann einen Erfolg, wenn hierfür ganz frisches Sporenmaterial von den Fruchtträgern verwendet wird. Ältere Conidien sind meist schon nicht mehr keimfähig und darum für die Infection ungeeignet. Will man genügendes Conidienmaterial gewinnen, so muss man die aus dem Freien mitgenommenen, befallenen Pflanzen oder Pflanzenteile in Botanisiertrommeln feucht erhalten und dann von den hier frisch und neu gebildeten Conidienträgern die Sporen abnehmen, welche nun, womöglich auf junge Teile der Nährpflanzen übertragen, mit ihren Keimschläuchen leicht eindringen und die Krankheitserscheinungen, resp. die Entwicklung des Pilzes, in den Nährpflanzen herbeiführen. Bei dem Pilze der Kartoffelkrankheit erfolgt der Angriff des oberirdischen Kräutigs meist von einzelnen, von der befallenen Stelle schnell sich ausbreitenden Punkten aus. In anderen Fällen sind dagegen die ganzen Nährpflanzen mehr oder minder befallen, und wo dies der Fall ist, muss man wohl schon eine verhältnismässig frühe Infection der jungen Nährpflanzen annehmen, in der Art, dass sich der hier in die jungen Gewebe eingedrungene Pilz mit der fortschreitenden Entwicklung der Nährpflanze, die nicht abstirbt, in dieser verbreitet. Hierüber fehlen noch weitere und geschlossene Untersuchungen, die leicht ausführbar sind, wenn man junge Keimpflanzen zur Infection herrichtet und dann die Infection mit dem frischen eben in der Natur auftretenden Conidienmaterial einleitet. Die Übertragung der Conidien auf die Nährpflanzen kann zwar trocken, von den befallenen Pflanzenteilen aus, besser aber mit abgenommenen, in Wasser verbreiteten Conidien eingeleitet werden, indem man diese mit Hülfe eines Pulverisators, in feinen Tröpfchen auf die zu inficierenden Nährpflanzen aufbläst. Diese Übertragung in kleinen Tröpfchen, die getrennt für sich auf den Nährpflanzen leicht haften bleiben, hat noch den besonderen Vorteil, dass durch das Wasser die Keimung der Conidien oder die Zoosporenbildung aus diesen nach Möglichkeit begünstigt wird. Das baldige Eindringen der aufgetragenen Keime in die Nährpflanzen, meist direkt durch die Oberhaut mit einem deutlichen Loche, ist dann leicht zu beobachten. Die Eindringstelle wird mitunter, z. B. bei dem Kartoffelpilze, durch Verfärbung ins bräunliche deutlicher markiert.

Die bis dahin vorliegenden Untersuchungen über die Peronosporeen geben nur in einzelnen Fällen, z. B. bei dem Kartoffelpilze, ein befriedigendes und relativ abgeschlossenes Bild über die Biologie dieser Pilzform und der Krankheitserscheinungen der von ihnen befallenen Nährpflanzen. Es ist nach den jetzt von

mir ausgeführten, späterhin näher zu beschreibenden Untersuchungen über die Brandpilze die Frage weiter zu beantworten, an welchen Stellen das Eindringen der Pilzkeime ein besonders erfolgreiches ist, wie sich ältere, ganz ausgebildete und ganz besonders junge, noch weiche, nicht ausgebildete Teile der Nährpflanzen zu dem Eindringen der Parasiten verhalten und wie von den eingedrungenen Stellen aus die Verbreitung der Pilze durch die fortwachsende Nährpflanze erfolgt in den Fällen, wo diese in toto von dem Pilze befallen ist. Bei der hervorragenden Schädlichkeit einzelner dieser Pilzformen für unsere Kulturpflanzen ist die exakte Beantwortung dieser Fragen ganz besonders nahegelegt.

Neben den Pilzformen mit oogamer Differenzierung, die bisher besprochen wurden, nehmen die Entomophthoreen eine zwar nahe, aber doch etwas abweichende Stellung ein. Die oogame Differenzierung ist hier in einzelnen Fällen deutlich ausgeprägt, zeigt aber in anderen Fällen Abstufungen, welche der isogamen Differenzierung zuzuneigen scheinen. Die Entomophthoreen sind in ihren bis jetzt bekannten Formen ausschliesslich parasitisch lebende Pilze, welche zumeist in den Formen von Empusa und Entomophthora Insekten bewohnen und unter diesen epidemische Krankheiten verursachen, welche aber auch auf Pflanzen resp. anderen Pilzen parasitisch auftreten, wie ich dies in den Formen von Conidiobolus nachweisen konnte. In der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind hier die Sporangien mit Schwärmsporen gänzlich erloschen und nur noch Conidien fortbestehend, also Sporangien, welche zu einer Spore reduciert sind und die Bezeichnung Conidie mit aller Berechtigung führen. Bei der Bildung der Oosporen treten niemals deutlich ausgeprägte Antheridien auf, es vereinigen sich vielmehr zwei geschlechtlich differenzierte Fäden, von welchen der Inhalt aus dem einen Fadenende in die gewöhnlich schon ausgeprägte Anschwellung des anderen Fadens übertritt und hier die Bildung der Oospore, der Dauerspore, durch Kernverschmelzung veranlasst. Die vegetativen Zustände der Pilze sind hier von Scheidewänden durchsetzt und nicht mehr einschlauchig, wie die der Saprolegniaceen und der Peronosporeen; sie machen schon den Eindruck von gegliederten Fadensystemen, wie sie bei den höheren Pilzen allgemein sind. An den Stellen, wo die Scheidewände an den Mycelien auftreten, erfolgt hier häufig eine Zergliederung der Fäden, welche mit der Verbreitung dieser Pilze in ihren Substraten, namentlich in dem Blute der von ihnen bewohnten Insekten, in natürlichem biologischen Zusammenhange steht.

Der bemerkenswerteste Fall bei den Insekten bewohnenden Entomophthoreen liegt in dem Pilze resp. der Pilzkrankheit der Stubenfliege vor, die, in jedem Herbste wiederkehrend, an allen Stellen verbreitet ist, wo die Stubenfliegen vorkommen. Bei uns tritt die Krankheit gewöhnlich erst im Herbste auf, aber schon in Süditalien und in Nordafrika ist die Krankheit, wie ich mich selbst überzeugen konnte, auch im Winter überall unter den Fliegen verbreitet. Sie dauert das ganze Jahr hindurch fort, und wie mir mein Schüler und Freund, der jetzige Oberforstmeister Dr. Möller, Direktor der Königl. Forstakademie in Eberswalde, von seinem langjährigen Aufenthalte in Brasilien mitteilte, ist auch dort die Krankheit das ganze Jahr hindurch an den Stubenfliegen zu beobachten. Wir haben Grund, anzunehmen, dass der Pilz seine eigentliche Heimat in südlichen Klimaten hat, und dass er in jedem Jahre von diesen gleichsam endemischen Standorten auch nach Norden vordringt, in dem Masse, als die Fliegen mit dem Sommer in nördlichen Gegenden wieder auftreten und allgemein verbreitet sich zeigen. Die Ansteckung der Fliegen durch den Pilz geschieht in der eigentümlichen Form, dass die Conidienträger, die aus dem Fliegenleibe hervortreten und an ihrer Spitze eine Conidie ausbilden, diese durch Aufplatzen des Trägers abwerfen und mit dem protoplasmatischen Inhalte des Schlauches an den Leib gesunder Fliegen oder in die Umgebung der befallenen Fliegen auswerfen. Schon der Dichter Goethe hat diese Beobachtungen an befallenen Fliegen aufgezeichnet und erklärt, wie sie von den ausgeschleuderten Sporen mit einem weiten Hofe umgeben sind. Die Art der Abschleuderung der Conidien mit dem Inhalte des Conidien bildenden Schlauches ist ein Verbreitungs- und Anpassungshülfsmittel für die Übertragung des Pilzes auf die Fliegen. Die Conidiensporen werden den gesunden Fliegen, welche mit den vom Pilze getöteten und mit dem Conidien abschleudernden Pilze in Berührung kommen, an die hellen Stellen des Unterleibes geworfen, wo die Haut dünn und hell und so der direkten Beobachtung zugänglich ist.[1]) Man kann hier das Eindringen

[1]) Für die engere Ausführung muss hier auf meine in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Halle veröffentlichte Abhandlung, 1872, und auf die Abhandlung im IV. Teile d. W. über Empusa Muscae und E. radicans, 1884, hingewiesen werden. — Es ist bemerkenswert, dass das ausgeworfene Protoplasma des aufplatzenden Conidien bildenden Schlauches, welches nach dem Abschleudern der Conidie diese umschliesst, trotz mangelnden Zellkernes befähigt ist, eine Zellhaut auszuscheiden, welche die Verdunstung des Protoplasmas verhindert und hierdurch die Auskeimung der eingeschlossenen Conidie zu einer Secundärconidie begünstigt.

des Pilzes aus den angeworfenen, mit dem Protoplasma anklebenden Conidien durch die Haut des Fliegenleibes leicht beobachten und feststellen, wie die eingedrungenen im Fliegenleibe fortwachsenden Infectionskeime sich fragmentieren, im Blute durch den ganzen Fliegenleib verbreiten und wie sie endlich aus den einzelnen Gliederzellen wiederum Conidienträger ausbilden, welche in dichter, pallisadenartiger Verbindung aus den Segmenten des Hinterleibes hervortreten und von neuem die Conidien abschleudern.

Die abgeschleuderten Conidien haben noch die Fähigkeit, wenn sie den Fliegenleib verfehlen, Secundärconidien aus einem, mit dem Zellkerne versehenen Teile des Inhaltes der Primärconidie zu bilden und diese durch das Epiplasma in der Primärconidie abermals abzuschleudern, wodurch die Infection auch ohne directe Berührung mit der Fliege gesichert ist.

Will man hier Infectionsversuche machen, so kann man selbstverständlich die abgeschleuderten, nur wenige Tage keimfähigen Conidien, die vom Protoplasma umkleidet sind, nicht verwenden, wie es von früheren Autoren, aber stets vergeblich, geschehen ist. Sie keimen nicht mehr nach der Übertragung auf den Fliegenleib und sind wirkungslos. Man kann hier die Kultur des Pilzes und die Infection nur so ausführen, dass man die in der Natur bestehenden Verhältnisse im kleinen nachahmt, dass man vom Pilze befallene Fliegen, welche die Conidien abschleudern, mit den Beinen an die Seitenwände eines grossen Glashafens anklebt und nun gesunde Fliegen in diesen kleinen Zwinger einführt, die sich unvermeidlich auf die Pilzfliegen aufsetzen, von diesen mit Conidien an den Unterleib beworfen werden und so in derselben natürlichen Weise die Infection erfahren, wie sie sich in der Natur vollzieht. Man kann dann das Eindringen der Pilzkeime an den hellen Stellen des Fliegenunterleibes leicht beobachten, die Entwicklung im Fliegenleibe selbst in den einzelnen Stadien verfolgen und genau ermitteln, dass das Incubationsstadium für den Pilz nach erfolgtem Eindringen zehn bis zwölf Tage erfordert. Ich habe im Jahre 1869 diese Infection in Reihen-Generationen ausgeführt, so lange, als ich Fliegen im Freien fand und frische Fliegen gewinnen konnte aus den künstlich gezogenen Maden von den Eiern der weiblichen Fliegen. Erst im Februar tötete grosse Kälte bei den mangelhaften Einrichtungen des damaligen Institutes in Halle mein Fliegenmaterial, bei welchen sich schliesslich, wohl unter dem Einflusse der niederen Temperatur, die Incubationsdauer auf 14—15 Tage verlängert hatte. Es war nicht möglich, geschlechtlich erzeugte Dauersporen des

Pilzes an den Versuchsfliegen zu finden, ebensowenig ist mir dies im Freien und namentlich im Winter in Italien gelungen, wo ich das ganze Jahr hindurch Beobachtungen des Pilzes ausführte. Auch Herr Möller hat in Brasilien an den Fliegen keine Dauersporen finden können. Es ist hiernach der Gedanke nahegelegt, dass der Pilz sich in ungeschlechtlicher Fortpflanzung ähnlich wie der Pilz der Kartoffelkrankheit zu erhalten vermag, trotz der ausserordentlich geringen Keimdauer der Conidien, deren Infection aber durch die vollendete Anpassung des Pilzes an die leicht beweglichen Wirte, die Fliegen, gleichwohl sicher erreicht wird.

Von einer zweiten Form, der Entomophthora radicans, welche auf Kohlraupen lebt und auf diesen riesige Conidienlager in fast geschlossener Decke zur Ausbildung fördert, sind dagegen die Dauersporen sicher von mir aufgefunden worden. Der Kohlraupenpilz erzeugt Epidemien unter den Raupen ganz ebenso, wie der Fliegenpilz unter den Fliegen. Die abgestossenen Conidien dringen, wie ich leicht nachweisen konnte, durch die Oberhaut in die Kohlraupen ein, erzeugen Mycelien, welche sich durch Fragmentierung in kurzer Zeit im Blute durch den ganzen Leib verbreiten und schon nach sechstägiger Incubation eine abermalige Eruption des Pilzes auf der Kohlraupe zur Ausbildung bringen. Die Conidien werden an den letzten kurzen Auszweigungen der zur Fructification aus dem Leibe austretenden Pilzhyphen in ungeheurer Menge gebildet. Die Conidien werden hier nicht abgeschleudert wie beim Fliegenpilz, sondern nur abgestossen durch Spaltung und Ausstülpung der Membran, welche die Conidie abgliedert. Die Conidien sind nur unmittelbar nach ihrer Bildung keimfähig, bilden auf der Kohlraupe in diese eindringende Keimschläuche, in feuchter Luft dagegen auf kurzen Spitzen Secundärconidien, welche abfallen und die Stelle der Primärconidien für die Verbreitung übernehmen. Die Ansteckung durch die Conidien erfolgt hier auf der Fläche der Kohlblätter von selbst mit Hülfe der Secundärconidien, wenn diese an den Raupenleib geraten. Wenn man die Raupen ihre Conidien entleeren lässt auf Kohlblättern und diese mit den Kohlraupen in Berührung bringt, so erfolgt die Infection stets und sicher von selbst, so wie sie in der Natur vor sich geht. Man kann aber auch die frisch abgestossenen Conidien in Wasser verbreiten und in diesem Wasser die Kohlraupen einmal untertauchen. Es bleiben dann an der ganzen Oberfläche des Körpers Conidien sitzen, welche schnell keimen und eindringen und schon nach sechs Tagen die abermalige Entwicklung des Pilzes zur Conidienbildung fördern.

Es ist bemerkenswert, dass hier Generationen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung in Conidien aufeinander folgen und dass dann erst zu Ende des Herbstes, wenn die Kohlraupen an den Nährpflanzen in der Zahl zurückgehen, eine Veränderung sich dahin zeigt, dass die Conidienbildung zurücktritt, oft nur noch an beschränkten Stellen des Raupenleibes zur Erscheinung kommt, und dass die im Inneren befindlichen Mycelien nun zur reichen Oosporenbildung übergehen. Die Oosporen werden in grossen Massen gebildet, füllen das Innere des Raupenleibes aus, der bald zur Mumie eintrocknet und mit den Dauersporen zur Erde fällt. Im nächsten Jahre geht von diesen Sporen die Entwicklung des Pilzes wieder aus, ihre Keimung mit einem Conidienträger erfolgt erst zu der Zeit, wo die Kohlraupen wiederum auf den Kohlpflanzen auftreten; es werden kleine Fruchtträger aus den Dauersporen gebildet, welche die Kohlraupen anstecken und so von neuem eine Pilzepidemie erzeugen.[1])

Bei anderen Formen der Entomophthoreen, die Insekten bewohnen, schliesst sich der Gang der Entwicklung mehr oder minder nahe den beiden beschriebenen Formen an. Die Infection erfolgt in der gleichen Art, und es lässt sich z. B. von Empusaformen, die auf anderen Fliegen leben und von der Empusa, die auf Mücken lebt, leicht eine Kultur des Pilzes von Anfang bis zu Ende erreichen.

Die Formen von Empusa und von Entomophthora, welche als Parasiten auf Insekten leben, sind der Kultur in geeigneten Nährlösungen auf das Leichteste zugänglich. Bei Anwendung von verdünntem Fleischdecoct, von Hühnern oder von Kalbfleisch, welchem man geringe Mengen von Bierwürze zugesetzt hat, erfolgt die Bildung von Mycelien, die sich fragmentieren und nachträglich fructificieren, also Conidien abwerfen ohne Schwierigkeit; es kommt nur darauf an, bakterienfreie Kulturen herzustellen und die Nährlösungen in der zutreffenden Verdünnung anzuwenden.

Erst im Jahre 1882 fand ich durch Zufall bei meinen Untersuchungen über die Tremellineen, deren Fruchtkörper ich zum Sporenwerfen unter einer Glocke ausgelegt hatte, die bemerkenswerten Formen der Gattung Conidiobolus. Mit den Sporen von Exidiaformen und von der Tremella frondosa wurden

[1]) Weitere Einzelheiten über E. radicans finden sich in meiner früher zitierten Arbeit aus dem Jahre 1871 in den Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Halle und im IV. Teile d. W.

auch die Conidien von Conidiobolus ausgeworfen, gelangten in den Kulturtropfen und zeigten hier eine ganz phänomenale Entwicklung. Grosse dickschlauchige Mycelien traten in den Kulturtropfen auf, die schon nach einem Tage wieder verschwunden waren und Conidien in die Umgebung abgestossen hatten. Bei genauer Beobachtung zeigte sich, dass die Conidien von Conidienträgern dieser dicken Mycelien einzeln abgeworfen wurden, ähnlich, wie es bei Entomophthora radicans geschieht, dass die grossen Conidien unmittelbar nach ihrer Bildung wieder auskeimten, neue riesige Mycelien bildeten, welche sich durch Fragmentation vermehrten und dann abermals zur Conidienbildung übergingen und schnell wieder verschwanden. Ich konnte den Pilz in Reihengenerationen mit ausschliesslicher Conidienbildung fortkultivieren und fand dann, dass am Ende die Conidienbildung zurückging und geschlechtlich erzeugte Oosporen zur Ausbildung kamen an zwei zusammengetretenen Fadenenden, von welchen der Inhalt des einen in die hervorragend oogonienartig angeschwollene Spitze des anderen Fadens übertrat und hier die Oosporenbildung veranlasste. Am Ende wurden noch Oosporen gebildet, und diese Sporen, auf Objectträgern feucht gehalten, keimten schon nach einigen Wochen wiederum je zu einem Conidienträger mit einer Conidie aus, von welcher abermals Reihengenerationen mit zunächst ungeschlechtlicher und dann geschlechtlicher Fructification gewonnen werden konnten.[1])

Auch von einer zweiten Form, von Conidiobolus mit kleinen Sporen, die ich C. minor benannte, habe ich nachträglich in der gleichen Weise wie bei C. utriculosus in Reihengenerationen die Dauersporen gewonnen und die Kultur zum Abschlusse gebracht, aber bis dahin noch nicht besonders publiciert. Diese Formen leben offenbar in den Fruchtkörpern von Tremellineen parasitisch, lassen sich aber auf das leichteste in durchsichtigen Nährlösungen kultivieren, wo alle Einzelheiten der Beobachtung zugänglich sind.

Die Kultur der Formen von Conidiobolus auf Objectträgern lässt sich leicht und einfach in der Art ausführen, dass man Objectträger mit ausgebreiteten Kulturtropfen neben den in Sporenbildung begriffenen, älteren Kulturen so auslegt, dass die abgestossenen oder abgeschleuderten Conidien auf die benachbarten Objectträger geworfen werden. Bei den abgestossenen Sporen von

---

[1]) Die ausführliche Darstellung mit Abbildungen über Conidiobolus findet sich im VI. Teile d. W. 1884.

Conidiobolus beträgt die Entfernung, bis zu welcher die Sporen abgeworfen werden, etwa 5 cm. Die Sporen werden also sicher auf die Kulturtropfen der neben liegenden Objectträger übertragen. Bei Empusa Muscae, wo die Sporen durch Aufplatzen des Schlauches abgeschleudert werden, kann man die Sporen in noch weiterer Entfernung auffangen, ebenso bei dem gleich zu beschreibenden Basidiobolus. Von einer einmal gewonnenen Reinkultur lassen sich in dieser Art die weiteren Kulturen in vollendeter Reinheit so weit fortführen, als die äusseren Umstände dieses gestatten. Es ist selbstverständlich unmöglich, die Sporen körperlich einzusammeln und zur Kultur zu verwenden. — Es ist die Annahme berechtigt, dass sich noch weitere Formen von Conidiobolus und vielleicht auch noch andere Gattungen der Familie der Entomophthoreen finden werden, welche auf den grossen Fruchtkörpern der Basidiomyceten parasitisch leben und welche sich bisher durch den schnellen Verlauf ihrer Entwicklung der Beobachtung entzogen haben.

Bei Basidiobolus ranarum tritt die Oosporenbildung an den reich von Scheidewänden durchsetzten Mycelien verhältnismässig früh auf neben der Bildung der Conidien, welche durch Abwerfen der oberen Hälfte des Conidienträgers mit dieser abgeschleudert werden. [1])

Fassen wir die Einzelheiten bei den Entomophthoreen kurz zusammen, so können wir sagen, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung in Reihengenerationen fortdauert, bis der Gang der Entwicklung mit der Bildung von Oosporen resp. Dauersporen abschliesst. Bei Empusa Muscae sind diese Dauersporen zurückgetreten, und die Conidieninfection geht ähnlich wie bei dem Pilze der Kartoffelkrankheit ohne Hülfe von Dauersporen vor sich und die Geschlechtlichkeit resp. die geschlechtlichen Fruchtformen sind mehr oder minder ganz erloschen. Die Verbreitung der Formen in der Zeit der Vegetationsperiode findet durch die ungeschlechtliche Fructification, durch die Conidien, statt. Die Conidien haben aber, wie bei den Peronosporeen, nur eine sehr kurze Keimdauer, und die Erhaltung der Formen wird vorzugsweise durch die geschlechtlich erzeugten Dauersporen gesichert. Die terrestrische

---

[1]) Die erste Untersuchung über Basidiobolus ranarum von Eidam findet sich in den Beiträgen zur Biologie 1885. Ich selbst habe die Untersuchungen verschiedentlich ausgeführt. Es ist dies auch von anderen Autoren geschehen, z. B. von A. Möller, der den Pilz auch im südlichen Brasilien verbreitet vorfand.

Anpassung dieser Formen ist demnach nur erst schwach ausgebildet und die biologischen Verhältnisse in der Fortpflanzung entsprechen noch ganz den Formen der oogam differenzierten Algen, von welchen sie, ebenso wie die Peronosporeen, natürlich abgeleitet werden konnten.

Neben den oogam differenzierten Formenreihen der Saprolegniaceen, Peronosporeen und Entomophthoreen bilden nun die isogam differenzierten Formen der Zygomyceten mit ihren einzelnen Familien[1]) eine besondere Reihe von Formen, bei welchen sich die Ableitung von den korrespondierenden isogamen Algen nur noch in wenigen Fällen nachweisen lässt. Es sind dies die Formen von Zygochytrium aurantiacum und Tetrachytrium triceps, die vor 30 Jahren in einem See in Russland von Sorokin[2]) aufgefunden und beschrieben sind. Bei Zygochytrium haben wir noch Sporangien mit Schwärmern, die sich in Wasser verbreiten, neben geschlechtlich erzeugten Zygoten; bei Tetrachytrium aber eine Copulation geschlechtlicher Schwärmer, wie bei den isogamen Algen. Alle übrigen, bis dahin bekannt gewordenen sehr zahlreichen Formen der Zygomyceten sind terrestrisch angepasste und in der terrestrischen Lebensweise schon weit fortgeschrittene Pilzformen; Sporangien mit Zoosporen treten niemals mehr auf, ebenso ist eine Copulation geschlechtlicher Schwärmer nicht mehr zu beobachten. Die geschlechtlich differenzierten Sporangienanlagen treten zusammen, verschmelzen miteinander und bilden eine grosse Zygospore resp. Zygote aus. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt zunächst noch in der Ausbildung von Sporangien aber stets mit membranführenden Sporen. Durch Reduction dieser Sporangien in der Grösse bei häufig auftretender, reicher Verzweigung der Träger werden die Sporangien zu kleinen Conidien, und wir haben hier die ungeschlechtliche Fortpflanzung einmal in Sporangien, das andere Mal in Schliesssporangien, in kleinen Conidien. Wir

---

[1]) Eine kurze Übersicht der Familien der Zygomyceten ist in dem natürlichen System der Fadenpilze im X. Teile d. W. auf S. 354 gegeben und einzusehen.

[2]) Die Abhandlung von Sorokin über Zygochytrium und Tetrachytrium triceps findet sich in der Botanischen Zeitung vom Jahre 1874.

können die Übergänge von beiden in den Zwischenformen, z. B. von Mucor nach Thamnidium und von da nach Chaetocladium sicher verfolgen und feststellen, dass der morphologische Wert der Conidie mit der Verkleinerung der Sporangien auch hier durch Reduction auf eine Spore, die nun Conidie heisst, klar zum Ausdrucke kommt.[1])

Zum ersten Male kommen hier bei den Pilzformen Fruchtträger mit ausserordentlich kleinen, verstäubenden, durch die Luft leicht vertriebbaren Conidiensporen zur Erscheinung. Sie entsprechen der weit fortgeschrittenen terrestrischen Anpassung dieser Pilze und namentlich der natürlichen und leichten Verbreitbarkeit ihrer kleinen Sporen durch die Luft.

Die Mycelien dieser Pilze sind ähnlich wie bei den oogamen Pilzen in extremen Fällen einschlauchig und ohne Scheidewände, z. B. bei den Formen der Gattung Mucor; in weiteren Fällen, z. B. bei Mortierella, lassen sich aber schon Scheidewände beobachten, welche wiederum bei den Formen von Rhopalomyces, bei Kickxella und Martensella etc., regelmässig die Mycelien durchsetzen, ähnlich, wie es bei den Formen der Entomophthoreen unter den Oomyceten bereits angegeben wurde. Es ist durchaus unrichtig, die Zygomyceten typisch als einschlauchige Pilze zu bezeichnen. Die Bezeichnung trifft ebenso wie bei den Oomyceten nur für einen Teil von diesen zu, für andere ist sie mehr oder minder ganz unzutreffend. Dabei kann es der Beurteilung des Einzelnen überlassen bleiben, ob nicht die Formen mit einschlauchigen Mycelien ihren natürlichen Ursprung von gegliederten Formen herleiten, bei welchen die Scheidewände zurückgetreten sind und schliesslich nicht mehr ausgebildet werden. Jedenfalls ist die Bezeichnung Siphonales für die algenähnlichen Pilze, welche ihre Ableitung von einschlauchigen Algen andeuten soll, ganz und gar unzutreffend und die Einschlauchigkeit der Mycelien ist keineswegs ein allgemeiner Charakter für die sämtlichen Formen der Phycomyceten. — Auch bei den isogam differenzierten Algen bilden die einschlauchigen Formen, die man als Siphonaceen bezeichnet hat, nur eine kleine Gruppe unter diesen; bei den übrigen Formen sind die vegetativen Zustände gegliedert, so namentlich bei der Familie der Confervaceen etc. Das gleiche gilt für die Formen der oogam differenzierten Algen, für Vaucheria und Oedogonium etc.

---

[1]) Die näheren Ausführungen finden sich in dem IX. Teile d. W. auf S. 59—70 mit der zugehörigen Tafel II.

Die geschlechtlich erzeugten Zygosporen bilden zwar die Dauerzustände dieser Pilze und keimen erst nach kürzerer oder längerer Ruheperiode zu einem Sporangium oder Conidienträger aus.

Der Dauerzustand dieser Pilze ist aber schon hier nicht mehr an die Zygosporen allein gebunden, sondern in den terrestrisch angepassten membranführenden Sporen der Sporangien und in den Conidien, die oft schon eine sehr lange Keimdauer besitzen, ebenso ausgeprägt. Diese Pilze bedürfen der Dauerzustände in Zygosporen für die Erhaltung der Formen aus diesem Grunde schon nicht mehr, wie es noch für die Erhaltung der Formen der Oomyceten mit ihren Zoosporangien und Schliesssporangien resp. Conidienformen von sehr kurzer Keimdauer und mit den Oosporen in ausgeprägten Dauerzuständen zutraf. Diese Erhaltung ist vielmehr in den terrestrisch angepassten, membranführenden Sporangiensporen und Conidien mit langer Keimdauer jetzt ebenso gut gesichert.

Es mag hier noch bemerkt sein, dass bei der Bildung der Zygosporen aus der Verschmelzung der beiden geschlechtlichen Sporangienanlagen eine Zellkernverschmelzung, bisher in keinem Falle sicher nachgewiesen ist. Die Annahme einer hier vorliegenden Sexualität wird demnach nur nach Analogien, nicht aber nach einer beobachteten Kernverschmelzung geschlechtlicher Zellen beurteilt.

Die Formen der isogamen Pilze in ihrer ausgeprägteren terrestrischen Ausbildung umfassen schon die Repräsentanten der schönsten und grössten Schimmelpilze, welche es in der gesamten Mycologie gibt. Wohl niemand, der die hochstämmigen Formen von Mucor und die Sporangien abschleudernden Formen der zierlichen Pilobolus-Arten und die wundervoll gegliederten Conidienträger von Chaetocladium, Kickxella, Martensella etc. bei den Zygomyceten eingehend beobachtet hat, kann sich des Eindruckes der einzigen Schönheit und der eleganten Formen dieser Pilze entziehen. Sie sind gleichsam die Noblegarde in der Schimmelwelt der Pilze.

In der Natur kommen diese Pilze auf den verschiedensten Substraten in weiter Verbreitung vor. Einzelne der Formen leben, wie z. B. Sporodinia grandis und Mucor fusiger, parasitisch auf den Fruchtkörpern grosser Hutpilze. Andere leben, wie z. B. Choanephora, in den Blüten höherer Pflanzen, und wieder andere wachsen auf den süssen beerenartigen Früchten höherer Pflanzen, z. B. Rhizopus nigricans etc.

Der Hauptstandort für die meisten Formen ist aber in den Fäkalien kräuterfressender Tiere gegeben. Die Sporen dieser Pilze, durch die Luft vertrieben, fallen auf die Pflanzen nieder, welche den Tieren als Nahrung dienen. Sie werden mit den Pflanzen gefressen und gelangen auf diesem Wege durch den tierischen Leib in das denkbar günstigste Substrat für ihre Entwicklung. Wenn man die Fäkalien von kräuterfressenden Tieren unter einer Glocke feucht genug auslegt, so sind es die Formen von Mucorineen, von Chaetocladium und anderen in erster Linie, welche dank ihrer schnellen Entwicklung schon in wenigen Tagen zur Fruchtbildung gelangen.[1]) Hier ist der natürliche Standort gegeben, das Material von den verschiedensten Typen dieser Formenreihen zu gewinnen, die dann nur noch der Ergänzung der Hutpilze und Früchte bewohnenden Formen bedürfen.

Die Reinkultur der einzelnen Formen ist verhältnismässig leicht. Es lassen sich die Sporangien der Mucorineen mit Sicherheit von ihren einzelnen, langen Trägern abheben, und in Wasser verbreiten, um dann die einzelnen Sporen auf dem Wege der Verdünnung zu isolieren und zum Ausgangspunkte der Kulturen zu machen.[2]) Das gleiche geschieht von den Conidien tragenden Formen, die meistens, dank ihres frühen Auftretens, in genügender Reinheit auf den Substraten zu isolieren sind. Bei den Formen von Pilobolus hilft sogar der Umstand, dass die ganzen Sporangien von ihren Trägern abgeschleudert werden, für die Einsammlung reinen Materials günstig mit. Die schnelle Entwicklung, welche diese Formen zeigen, die schon in wenig Tagen grosse Mycelien ausbilden und dann direct zur Fructification in Sporangienträger übergehen, erleichtert die Kultur ausserordentlich und macht sie zu Lieblingsobjecten für die Einführung in die Kulturmethoden der Pilze. Wenn man die Fäkalien von den verschiedensten kräuterfressenden Tieren auslegt, auf genügend feuchter Unterlage unter einer abschliessenden Glasglocke sich selbst überlässt,

---

[1]) Bei den Fäkalien von Kühen, die an sich genügend wasserreich sind, ist es notwendig, Sägespäne als Unterlage zu nehmen, wenn die Pilzentwicklung hier eine ungestörte und günstige werden soll. Auf dem Kuhmist treten die kleineren Formen der Mucorineen, namentlich auch die Formen von Pilobolus, besonders üppig auf, sie kommen hier ungestört von den grösseren Formen der Gattung Mucor zur sicheren und besseren Beobachtung. Man trifft auf dem Kuhmist Formen an, welche sich auf andere Fäkalien durch die Überwucherung von grösseren Formen der Beobachtung leicht entziehen.

[2]) Die diesbezüglichen Untersuchungen finden sich in dem I., IV. und VIII. Teile d. W.

gewinnt man unschwer die verschiedensten Formen, welche dem gegebenen Klima angepasst sind. Bei den jetzigen Verkehrsmitteln, durch die vegetabilische Nahrungs- und Futtermittel aus fremden, warmen Ländern eingeführt werden, kommen auch südlich lebende Formen, z. B. Phycomyces[1]), zur vereinzelten, vorübergehenden Erscheinung. Man muss sie in jedem gegebenen Falle fixieren und für die Kultur festhalten. Es ist aber ein kindischer Glaube, den ich immer wieder unter Anfängern und unter mycologischen Laien angetroffen habe, dass man aus zoologischen Gärten von den Fäkalien ausländischer Tiere besondere Pilzformen gewinnen könnte. Wenn die Tiere mit einheimischem Futter gefüttert werden, können selbstverständlich auch nur einheimische Pilze zur Entwicklung kommen. Es liegt aber noch ein dankbares Feld der Beobachtung und der Kultur in der Aufgabe vor, Fäkalien von den verschiedensten kräuterfressenden Tieren unter warmen und heissen Klimaten auszulegen und die hier auftretenden Formen zu isolieren und zu kultivieren. Es ist gewiss nur erst ein Teil der existierenden Formen, so zahlreich diese auch schon sind, bisher aufgefunden worden, der dringlich einer weiteren Ergänzung bedarf.

Natürlich werden die Sporen dieser Pilze, welche auf die Vegetation in der Natur niedergefallen sind, mit dieser Vegetation, soweit sie von Tieren nicht gefressen wird, auf den Boden gelangen und hier auf den eintrocknenden, verwesenden Pflanzenteilen zumeist ungekeimt verbleiben. Wenn man das Laub und die Pflanzenreste von unseren Gärten und Wäldern zusammentreibt und den Haufen sich selbst überlässt, so bekommt man eine humusreiche Gartenerde, welche reich an ungekeimten Pilzsporen ist. Man kann die Sporen aus dieser Erde leicht zur Entwicklung fördern, wenn man diese Erde mit sterilisiertem Pferdemist vermischt und nun der Kultur unter abgeschlossenen Glocken überlässt. Es treten hier annähernd die gleichen Formen auf, wie auf dem Miste selbst, nur kommen hier die kleineren Formen zur isolierten und besseren Erscheinung, welche sich unter der Masse der grösseren Formen der Beobachtung auf dem Miste selbst leicht entziehen. Man kann auch weiter, um geeignetes Material zu finden, die Erde mit Wasser abschütteln, das Wasser schnell ab-

---

[1]) Den Phycomyces habe ich im Jahre 1870 nach längerem, vergeblichem Suchen ein einziges Mal auf Pferdeäpfeln angetroffen. Ich habe die Sporangien festgehalten, die Sporen in Kultur genommen, und von diesen Kulturen stammt das Material her, welches von dieser Zeit ab in den mycologischen Laboratorien in Deutschland kultiviert wird.

giessen und das Verfahren mit anderen Erdproben nochmals wiederholen. Wenn man das hier schnell abgegossene Wasser auf der Centrifuge behandelt, kann man die Sporen in diesem leicht und schnell durch Absetzen isolieren, bei abermaliger Behandlung mit der Centrifuge reinigen und das so gewonnene Material auf Nährgelatine verbreiten, um dann die Entwicklung der einzelnen isolierten Sporen auf diesem Substrate zu ermöglichen. Man überzeugt sich nun bald, wie verbreitet die Sporen dieser Pilze in den oberflächlichen Humusschichten der Erde und auch noch tiefer im Boden sind und wie in dieser Pilzformen vorkommen, wie z. B. Chlamydomucor heterogamus und Chl. Moelleri, welche auf den Fäkalien der kräuterfressenden Tiere ihrer Kleinheit wegen bisher meist übersehen sind.

Werden die hier angegebenen Andeutungen methodisch verwendet für die Gewinnung von Material, so lässt sich mit Sicherheit vorhersagen, dass noch eine grosse Anzahl von Formen der Erkenntnis zugänglich gemacht werden können, welche bisher nicht gefunden sind. Es liegt hier ein viel versprechendes Gebiet neuer Forschung und Beobachtung vor, welches, sozusagen, nur noch der engeren Bearbeitung harrt.

Unter den Formen der isogam differenzierten Pilze gibt es nur wenige, welche parasitisch auftreten. Es sind dies z. B. die Formen von Chaetocladium und Piptocephalis, welche aber immer nur die Formen der nächsten Verwandtschaft, also die Formen von Mucorineen selbst, parasitisch bewohnen. Den Beweis für den hier vorliegenden Parasitismus kann man nur im Wege der Kultur, und zwar in Objectträgerkulturen erbringen, indem man die Sporen der Parasiten mit den Mycelien oder den Fruchtträgern von Mucor-Arten in Verbindung bringt, welche aber stets aus einer Spore gezogen werden müssen. Hier lassen sich die parasitären Einzelheiten mit einer Leichtigkeit und Klarheit beobachten, wie es bei anderweiten parasitischen Erscheinungen auf höheren Pflanzen kaum möglich ist. Ich verweise hier auf die engeren Beobachtungen aus meinen schon im Jahre 1869 ausgeführten Kulturversuchen von Piptocephalis und Chaetocladium.[1])

Wenn wir die Erfahrungen zusammenfassen, welche bis dahin über die Biologie der isogamen Pilze festgestellt sind, so bekommen wir in Beziehung auf das Auftreten der ungeschlechtlichen und der geschlechtlichen

---

[1]) Man vergleiche hierzu die 6 Tafeln zum I. Teile d. W.

Fructification eine gewisse Übereinstimmung mit den früher besprochenen, oogamen Pilzformen. Nur bei einer beschränkten Zahl von Formen treten die Zygosporen neben den ungeschlechtlichen Sporangien oder Conidien regelmässig in die Erscheinung. Es gehören hierher die Formen von Sporodinia grandis, Mucor fusiger, Mucor heterogamus etc. — Bei weiteren Formen ist die ungeschlechtliche Fortpflanzung in Sporangien und in Conidien unverkennbar die vorherrschende, und die Geschlechtlichkeit resp. die Ausbildung von Zygosporen tritt nur sporadisch auf. Fälle dieser Art sind z. B. in Mucor Mucedo, in Chaetocladium etc. gegeben. — Bei anderen, nicht gering zähligen Formen treten die Zygosporen gegenüber der ungeschlechtlichen Fructification noch mehr zurück, sie kommt nur selten zur Ausbildung, z. B. bei Piptocephalis, bei Mortierella, bei Pilobolus anomalus etc., und darüber hinaus bleibt ein Restbestand von Formen, bei welchen die Zygosporen noch unbekannt resp. bisher nicht aufgefunden sind. Es liegt der Gedanke nahe, anzunehmen, dass das Auftreten der Geschlechtlichkeit resp. der Zygosporenbildung von der Beschaffenheit des Substrates, also von der Ernährung der Pilze, abhängig sein möchte. Versuche nach dieser Richtung haben ergeben, dass z. B. bei Sporodinia grandis, wo die Zygosporen fast noch regelmässig auftreten, tatsächlich die Ausbildung der Zygosporen einerseits und der Sporangienträger andererseits durch richtig geleitete Ernährung, also durch die Beschaffenheit des Substrates, beliebig verändert resp. geleitet werden kann. In dünnen Nährsubstraten werden nur Sporangienträger, in concentrierten Nährsubstraten dagegen die Zygosporen mehr oder minder ausschliesslich ausgebildet. Die hier bei Sporodinia gesammelten Erfahrungen,[1])

[1]) Die Beobachtung, dass Sporodinia grandis in verdünnten Nährmedien in Sporangienträgern, in concentrierten Nährsubstraten in Zygoten fructificiert, dass aber hier nach der Ausbildung der Zygoten, wenn die Nährmedien erschöpft sind, nachträglich immer noch Sporangienträger auftreten, habe ich seit mehr als 20 Jahren mit stets gleichem Ausgange in Versuchen für Lehrzwecke wiederholen können. Die in wesentlichen Punkten unzutreffenden Untersuchungen über Sporodinia grandis aus der letzten Zeit haben mir den Anlass gegeben, meinen Assistenten, Dr. Falck, zu weiteren eingehenden Untersuchungen über Sporodinia zu veranlassen, welche in den Beiträgen zur Biologie, X. Band, Zygotenbildung bei Sporodinia pag. 213 niedergelegt sind, über welche ich schon vorher, in den Sitzungsberichten der Schlesischen Gesellschaft in Breslau, 1900, Mitteilung gemacht hatte.

auf die Kultur der anderen Formen der Zygomyceten übertragen, zeigen sich hier weniger oder garnicht wirksam. Die Beeinflussung der Entwicklung durch die Zusammensetzung des Nährsubstrates macht sich hier kaum oder garnicht geltend. Wenn das Substrat sich also biologisch wirkungslos zeigt, so bleibt nur übrig, anzunehmen, dass innere Ursachen den Gang der Entwicklung bestimmen müssen, wie ich es auch an verschiedenen Stellen ausgesprochen habe.

Vergleichen wir die isogamen Zygomyceten mit den oogamen Formen der Pilze, so hat der Schluss einige Berechtigung, dass hier die geschlechtliche Differenzierung in ähnlicher Art dahin zurückgetreten ist, dass erst nach mehr oder minder langen Reihen von Generationen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung die Geschlechtlichkeit zur Erscheinung kommt. In Übereinstimmung mit dieser Auffassung befinden sich die Erfahrungen, welche man z. B. bei Chaetocladium leicht sammeln kann. Hier treten nach längeren Reihen ungeschlechtlicher Fortpflanzung die Zygosporen auf, und ich habe sie selbst wiederholt in meinen Reihenkulturen auftreten und wieder verschwinden sehen. Bei anderen Formen ist dagegen das Auftreten der Zygosporen auch in längerer Zeit der Kulturreihen unter den günstigsten Ernährungsbedingungen nicht zu erreichen, und die Annahme hat eine Berechtigung, dass die Geschlechtlichkeit und die Zygosporenbildung hier noch weiter zurückgetreten sein könnte und erst in längeren Zeitperioden zur Erscheinung komme.

Es liegt hier der Gedanke nahe, das Zurücktreten der Geschlechtlichkeit und der Erzeugung geschlechtlicher Zygosporen mit den schon früher angedeuteten biologischen Momenten bei diesen Pilzen in einen ursächlichen Zusammenhang zu bringen. In dem Masse, als die Formen der Zygomyceten in der terrestrischen Ausbildung fortschreiten und ihre ungeschlechtliche, membranführende Sporen-Fructification durch ihre lange Keimdauer die Erhaltung der Formen gleichsam übernimmt und sichert, kommen die geschlechtlich erzeugten, sonst noch bei den oogam differenzierten Pilzen mit dem Ruhezustande allein verbundenen Oosporen resp. Zygosporen für die Erhaltung der Formen nicht mehr als notwendig und nur noch als nebenläufig in Betracht; sie sind sogar, vom Standpunkte der Erhaltung der Formen aus betrachtet, überflüssig geworden. Während also bei den Oomyceten die Geschlechtlichkeit und die Ausbildung der geschlechtlich erzeugten Oosporen mit ihrer ungeschlechtlichen Fructification von geringer Keimdauer noch als ein, sozusagen, notwendiges

Glied zur Erhaltung der Formen fortbestehen, finden wir bei den fortschreitend mehr terrestrisch angepassten und ausgebildeten Zygomyceten die Dauerzustände in der ungeschlechtlichen Fructification bereits gesichert und die Geschlechtlichkeit mit den geschlechtlich gebildeten Zygosporen zu einem nebenläufigen biologischen Werte zurückgedrängt.

Erst in neuerer Zeit hat nun Blakesley[1]) die Mitteilung gemacht, dass bei den Formen der Mucorineen mit seltener Zygosporenbildung eine sexuelle Differenzierung dahin eingetreten sei, dass die Sporen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung entweder homothallisch oder heterothallisch differenziert seien, dass sie also entweder Mycelien erzeugten, welche neben der ungeschlechtlichen Fructification direkt Zygosporen bildeten oder männlich und weiblich differenziert, also heterothallisch ausgebildet, nur dann Zygosporen zur Ausbildung brächten, wenn zwischen männlich und weiblich differenzierten Mycelien eine Berührung resp. ein Zusammentreffen stattfände. B. nimmt also an, dass es männlich und weiblich differenzierte Individuen gäbe, welche aus sonst gleich gebildeten und äusserlich gleichgeformten Sporen hervorgehen. Die dissonierenden Erfahrungen der Kultur werden damit erklärt, dass es auch geschlechtslose, neutrale Sporen gäbe, deren Mycelien überhaupt keine Zygosporen hervorbrächten. Diese neue Entdeckung der geschlechtlichen Differenzierung bei den Mucorineen, mit dem Sicherheitsventil einer nebenlaufenden ungeschlechtlichen, neutralen Linie sogleich vorsichtig ausgestattet, glaubt er damit erwiesen zu haben, dass er die Mycelien aus den Sporen von zwei verschiedenen Standorten gegeneinander resp. zusammenwachsen lässt und so die Ausbildung von Zygosporen erhält.

Der Gedankenlauf nach dieser Richtung ist keineswegs neu. Ich habe ihn bereits im Jahre 1869 und 1870, wo die Sucherei nach neuen Geschlechtsformen und nach Geschlechtlichkeit bei den Pilzen noch mehr epidemisch war, als heute, bei den Formen verfolgt, die ich damals untersuchte. Ich habe von Mucor Mucedo und Pilobolus anomalus, ehe ich noch deren Zygosporen aufgefunden hatte, die Sporangiensporen von verschiedenen Standorten in der Umgebung von Halle und ebenso auch von verschiedenen anderen Pilobolusarten zusammen kultiviert und mich davon überzeugen können, dass die Voraus-

---

[1]) Blakesley, Sexual reproduction in the Mucorinae. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 1904.

setzung einer individuell verschiedenen, geschlechtlichen Differenzierung bei diesen Formen nicht zutraf. Dieselben Formen sind inzwischen auch in ähnlicher Art von anderen nachuntersucht, ohne dass auf diesem Wege Zygosporen erreicht werden konnten. Unabhängig von dieser Untersuchungsrichtung habe ich dann aber die Zygosporen in äusserst üppigen Kulturen von Mucor Mucedo und Pilobolus anomalus aufgefunden, in Harmonie mit dem Gedankengange, dass die Zygosporen hier nach langen Reihen ungeschlechtlicher Generationen auftreten.

Auch noch einen anderen Gedankenlauf habe ich weiter verfolgt, nämlich die Zygosporen zur Keimung und die Sporangiensporen aus den Fruchtträgern keimender Zygosporen zur Aussaat in Reihengenerationen gebracht, um zu sehen, ob hier und in welchem Laufe der Perioden Zygosporen wieder auftreten. Ich habe die Sporangiensporen in dieser Art in laufenden Generationen fünf Jahre lang ohne Zygosporenbildung von Mucor Mucedo kultiviert, von 1870 bis 1875, wo mir leider das Sporenmaterial nach meiner Übersiedelung nach Berlin in dem kalten Winter 1874—75 keimungsunfähig wurde, als ich noch kein Laboratorium zur Verfügung hatte, um die Kulturen weiterzuführen. Die letzt bezeichnete Untersuchungsrichtung ist nun aber bis dahin von Blakesley bei seinen ersten Publikationen ganz ausser acht gelassen. Wenn er von der Voraussetzung ausgeht, dass dreierlei geschlechtlich verschieden differenzierte Sporangiensporen: männliche, weibliche und sächliche, resp. neutrale existieren, so musste er, ehe er seine Arbeit publizierte, zunächst aus der Keimung der Zygosporen diese drei verschiedenen Formenreihen rein kultivieren und dann aus experimentellen Versuchen mit diesen den Beweis liefern, dass sie wirklich existieren, also in der von ihm bezeichneten Art im Gange ihrer Entwicklung wirksam sind. So lange hier Blaskesley den Beweis nach dieser Richtung für seine Auffassung nicht erbracht hat, bleibt sie an der dunklen Wand der Unsicherheit kleben gleich anderen Aufstellungen, die aus den Schlacken einer wahrscheinlichen Annahme nicht befreit worden sind.[1])

---

[1]) Was ich hier angeführt, habe ich Herrn Blakesley gelegentlich seines Besuches vor zwei Jahren hier in Berlin auch mündlich gesagt. Er hat dann bald nachher eine weitere Abhandlung in den „Annales mycologicae“ 1906 veröffentlicht, in welcher er nun weitere Ergebnisse über die Kultur der Sporangiensporen aus Zygotenkeimung mitteilt. Er hat nun festgestellt, dass auch Phycomyces, den er früher als typisch heterothallisch bezeichnet

Für die Untersuchung der Formen der Zygomyceten ist es erforderlich, das einmal rein gewonnene Sporenmaterial der ungeschlechtlichen Fructification der einzelnen Formen in fortlaufender Kultur und also in steter Bereitschaft für die Verfolgung neuer Gedanken und für die Ausführung neuer Untersuchungen zu behalten und zu sichern. Es kann dies leicht geschehen, indem man die einzelnen Pilzformen in geeigneten, reinen Substraten lebend erhält und mit geeigneten Zwischenräumen in laufenden Generationen weiterführt. Als Substrat hierfür kann man sterilisierten Mist, sterilisiertes Brot etc. verwenden. Man kann die Sporangien- oder Conidienträger auf diesen Substraten so lange erhalten, bis man eine neue Aussaat je nach der Keimdauer der Sporen für geeignet hält. Die Zwischenpausen können meistens mehrere Monate bis ein Jahr betragen. Bei grossen Formen kann man auch Gelatinekulturen in langen Reagentienröhren ansetzen und die Sporen nach der Methode der Stichkultur rein übertragen. Die Träger mit den Sporangien oder Conidien erhalten sich hier lange Zeit unverändert, bis endlich die Keimkraft der Sporen erlischt. Bei kleineren Formen kann man kleine Krystallisierschalen, sogar auch Petrischalen mit Nährgelatine verwenden, z. B. bei Chlamydomucor heterogamus. Diese Art der Aufbewahrung des Materiales in lebendigen Kulturen ist bei allen Formen der Zygomyceten einer Conservierung der Sporen in trocknem Zustande entschieden vorzuziehen und in einem gut eingerichteten mycologischen Laboratorium ohne grossen Raum- und Zeitaufwand auch leicht durchfürbar.[1])

---

hatte, homothallisch auftritt. Das gleiche hat inzwischen auch Namyslowsky bei Rhizopus nigricans, Extrait du bulletin de l'Academie des sciences de Cracovie 1906, nachgewiesen, indem er aus einzelnen Sporangiensporen Zygosporen tragende Kulturen herstellte. Es haben sich demnach die beiden Formen Phycomyces und Rhizopus, welche uns B. eben erst als temperamentvolle Heterothallisten vorgeführt hat, in ihren weiteren Leistungen als zuverlässige Vertreter nicht erwiesen. Von den Formen seiner neutralen Linie ist B. die Tatsachen schuldig geblieben, welche erst den Beweis geben können, dass sie ihre Neutralität dauernd halten und nicht auch wieder rückfällig werden.

[1]) Nur in einzelnen Fällen, z. B. bei Sporodinia grandis, verlieren die Sporangiensporen schon nach kurzer Zeit ihre Keimkraft. Hier übernehmen noch die stets massenhaft gebildeten Zygosporen die Erhaltung der Form in der Natur während der Winterzeit. Die Sporangiensporen von grossen Mucorineen, z. B. Phycomyces, Mucor Mucedo etc., sind noch nach drei- bis fünfmonatlicher, trockener Aufbewahrung keimfähig. Für die Sporen von Chlamydomucor ist die Keimdauer mehr als doppelt so lang; am längsten keimfähig bleiben die Sporen von verstäubenden Sporangien, z. B. von Rhizopus nigricans etc., sie

Fassen wir nun die biologischen Einzelheiten bei der Gesamtheit der Formen der Zygomyceten zusammen, so ist zwar in der Isogamie und in der Ausbildung der Zygosporen der gemeinsame Charakter gegeben, aber die Zygosporenbildung selbst zeigt nur eine geringe Variation, welche höchstens zur Unterscheidung der einzelnen Formen mithilft. Die eigentliche Charakteristik für die Beurteilung der den Zygomyceten zugehörigen Formen liegt in der sehr verschiedenen Ausbildung der hier vorherrschenden ungeschlechtlichen Fortpflanzung. Sie schliesst sich in den Formen mit Sporangienbildung den oogamen Formen der Pilze resp. der Algen am nächsten an, erreicht aber dann in der Reduction der Sporangien bis zu kleinen, verstäubenden Conidien bei meist eintretender, reicher Verzweigung der Träger die eigenartige, charakteristische Höhe der terrestrisch angepassten Pilzformen. Wir können also sagen, wir haben in der ungeschlechtlichen Fructification nach der einen Seite Sporangien, nach der anderen Seite reducierte Sporangien, Schliesssporangien, resp. die Fructification in kleinen Conidien.[1])

Neben diesen beiden ungeschlechtlichen Fruchtformen müssen wir nun noch eine abgeleitete Fructification berücksichtigen, welche hier bei einzelnen Formen der Zygomyceten zum ersten Male in typischer Ausbildung auftritt. Es ist dies die Bildung der Chlamydosporen, vorzugsweise, aber nicht allein, vertreten in den Formen der Gattung Chlamydomucor. Hier ist zuerst die Bildung der einschlauchigen Mycelien die gleiche, wie bei allen anderen Formen. Aber mit dem Beginn der Fructification können wir in besonders ausgeprägter Form bei Chlamydomucor racemosus eine Veränderung in dem Entwicklungsgange beobachten. Die verzweigten Mycelien erfahren in etwas dickeren Schichten von Nährlösung eine Scheidewandbildung, wie sie auch sonst im Beginn der Fructification zur

keimen noch nach Jahresfrist. Von ebenso langer Keimdauer sind auch die Sporen der Conidien tragenden Formen, z. B. von Chaetocladium. — Bezüglich der Angaben über die Keimdauer der Sporen mag hier noch besonders bemerkt sein, dass scheinbar nicht mehr keimende Sporen nach längerem Aufenthalte in Nährlösung vielfach noch nachträglich auskeimen, und dass mithin die Keimdauer der Sporen sich schwer auf eine ganz bestimmte Zeitfrist angeben lässt.

[1]) Ich verweise hier nochmals auf die engeren Ausführungen und Abbildungen in dem I. und IX. Teile d. W.

Anlage der Sporangienträger aufzutreten pflegt. Diese Scheidewandbildung ist hier in Nährlösungen aber eine sehr reiche, und wir können durch direkte Beobachtung feststellen, dass sich ein reich ernährtes Mycelium in allen seinen Ausgliederungen in kurzgliederige Zellen teilt, welche zerfallen und an die Bildungen erinnern, die man bei Oidium lactis, einem milchbewohnenden Pilze, allgemein antrifft. Die in centripetaler Richtung oidienartig zergliederten Mycelien haben mit dieser Zergliederung die Fructification eingeleitet, aber die Ausbildung zur Fructification in Sporangienträgern wird, zumal in flüssigen Nährmedien, unterbrochen auf mehr oder minder lange Zeit, bis endlich unter günstigen Bedingungen an der Luft aus jeder zergliederten Zelle des Myceliums ein kleiner Sporangienträger zur Auskeimung gelangt.[1]) Die zergliederten Fructificationsanlagen der Mycelien holen also hier erst nach einem mehr oder minder langen Zeitraume die versäumte oder verschobene Fructification in Sporangienträgern nach, und sie nehmen, bis sie dies tun, den Zustand der Ruhe resp. den Zustand der Spore an und können auch tatsächlich, wenn sie von neuem in Nährlösung gebracht werden, gleich einer Spore zu neuen Mycelien auskeimen. Wir haben also hier eine gleichsam in den Entwicklungsgang eingeschobene, neue Fructification in Sporangienanlagen, welche nicht direkt zur Fructification kommen können, welche inzwischen den Sporenzustand annehmen, um erst nachträglich auszukeimen. Für die Sporenbildung dieser Art, die wir hier in der ausgeprägtesten Form zum ersten Male unter den Pilzformen antreffen, ist die von mir eingeführte Bezeichnung Chlamydosporenbildung die einzig natürliche und richtige. Die Chlamydosporen sind aber nichts wie eine eingeschobene, abgeleitete Sporenbildung, welche jedoch von hier aus in weiterer Ausbildung bei den höheren Pilzformen neben den beiden ursprünglichen Sporenformen, in Sporangien und in Conidien, fortbesteht und auch mit diesen und unabhängig von diesen weiterhin eine eigenartige morphologische Differenzierung resp. Steigerung erfährt.

---

[1]) Die nähere, hierauf bezügliche Ausführung, durch Abbildungen erläutert, findet sich im VIII. Bande d. W. in der Abhandlung über Chlamydosporenbildung bei den niederen Pilzen und weiter in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1877 in meiner Abhandlung über die Verbreitung der Alkoholgärung.

Wir haben also in diesem Falle in der ungeschlechtlichen Generation dieser Pilzformen drei Fruchtformen als natürliche, morphologische Bildungen zu unterscheiden. Die Sporangien, hier mit membranführenden Sporen, sind der Ausgangspunkt und die Form, welche sich aus den Sporangienformen der Algen mit beweglichen, membranlosen Schwärmsporen einfach und natürlich ableitet. Die Conidienform ist eine für terrestrische Verbreitung durch die Luft besonders angepasste, reducierte Bildung aus diesen Sporangien, und die Chlamydosporenbildung ist die eingeschobene und abgeleitete Fruchtform aus beiden.

Wir können nun verfolgen, wie diese drei ungeschlechtlichen Fruchtformen 1. in Sporangien, 2. in Conidien und 3. in Chlamydosporen, bei den Zygomyceten unter *den niederen Pilzen* zuerst aufgetreten und ausgebildet, bei den Formen der höheren Pilze wiederkehren, aber hier in aufsteigender Formgestaltung in die Erscheinung treten und wie gerade in diesen *die eigenartigen und entscheidenden Charaktere der höheren Pilze* zum Ausdrucke kommen.[1])

Mycomyceten (höhere Pilze). Nach den beiden Hauptfruchtformen, bei den isogam differenzierten Phycomyceten, den Sporangien einerseits und den Conidien andererseits, welchen sich die Chlamydosporen nur als eingeschobene und nebenläufige Fruchtform anschliessen, finden wir nun bei den höheren Pilzen, den Mycomyceten *zwei getrennte, gleichsam divergierende Typen* resp. Reihen ausgebildet.

Nach der *einen Richtung,* in welcher das Sporangium fortbesteht und in weiteren Steigerungen zur höchsten Bildung und Regelmässigkeit, zu dem Ascus, fortschreitet, haben wir die Formen der Hemiasci als Vor- und Zwischenstufen und dann die Formen der eigentlichen Ascomyceten mit regelmässig und typisch ausgebildeten Sporangien, die man Ascen nennt, bei der grossen Formreihe der Ascomyceten als höchste Formbildung.

Nach der *anderen Richtung,* in welcher die Ausbildung der Conidienform den Ausgangspunkt der Formsteigerung bildet,

---

[1]) In dem natürlichen System der Fadenpilze, welches dem VIII. und dem X. Teile d. W. beigegeben ist, sind die hier angegebenen Einzelheiten zusammengefasst und leicht und klar zu übersehen.

liegen die Übergangsformen in den Hemibasidii vor, welche dann zu den eigentlichen Basidiomyceten als ihrem höchsten Typus, mit regelmässigen und in der Sporenzahl bestimmten Conidienträgern, die man Basidien nennt, fortschreiten.

Verfolgen wir zunächst die Formen der letzten Richtung, in welcher die Conidien die vorerwähnte Steigerung in ihrer Formbildung erfahren, so würden wir die Hemibasidii, die Ustilaginaceen oder die Brandpilze, als die einzigen Vertreter dieser Formbildung nach unseren jetzigen Kenntnissen zu beurteilen und näher zu betrachten haben.

I. Hemibasidii. Die Brandpilze, die Ustilaginaceen, sind nur als parasitisch und zwar typisch parasitisch lebende Pilzformen bekannt geworden. Sie bewohnen die verschiedensten, höheren Pflanzen, und die Brandlager, in welchen die Krankheit zum Ausdrucke kommt, treten an den verschiedensten, aber bestimmt wiederkehrenden Stellen hei den Nährpflanzen auf. Bald sind es die Fruchtanlagen, z. B. bei den meisten Brandformen unseres Getreides, bald sind es die Blütenteile, z. B. die Antheren, oder der Blütenboden, bald sind es Teile der Achsen oder der Blätter, in welchen die Brandlager zum Ausbruche und stets zu einer äusserlich auffallenden Erscheinung kommen, während man vorher, vor dem Auftreten der Brandlager, von den in den Wirten vegetativ lebenden Pilzen wenig oder nichts wahrzunehmen imstande war. Die Brandsporen werden an den Stellen, wo die Brandlager zur Ausbildung kommen, in den hier reichlich verzweigten, von Scheidewänden durchsetzten Mycelien in solcher Menge angelegt, dass nachträglich von den Sporen erzeugenden Mycelfäden wenig oder nichts übrig bleibt. So weit die Beobachtungen über die Bildung der Brandsporen möglich sind, erhält man die Überzeugung, dass die Sporen ungeschlechtlich angelegt und aus einzelnen Gliederteilen resp. Zellen der Mycelien gebildet werden. Nach der Anlage und Ausbildung dieser Brandsporen kann es nicht zweifelhaft sein, dass wir in diesen Bildungen Chlamydosporen[1]) vor uns haben, welchen es weiterhin eigentümlich ist, die unterbrochene und verschobene Fructification bei ihrer Auskeimung zur Entwicklung zu fördern.

---

[1]) Man vergleiche die durch Zeichnungen illustrierten Beobachtungen über die Brandsporenbildung, z. B. bei Ustilago olivacea im V. Bande d. W. auf Tafel X.

Schon Tulasne[1]) hat die Keimung der Brandsporen beobachtet und festgestellt, dass sie in Wasser fructificativ auskeimen mit einem kleinen, relativ regelmässig gebildeten Fruchtträger, der bald einzellig bleibt (Tilletia) und an der Spitze in Köpfen die Conidien ausbildet oder durch Scheidewände gewöhnlich in vier Zellen geteilt wird, deren jede die Bildung einer Conidie gewöhnlich seitlich an dem kleinen Fruchtträger (Ustilago) zeitigt. Tulasne hat diese fructificative Auskeimung als die Keimung in Promycelien mit Sporidien bezeichnet, eine Bezeichnung, die der nachträglichen und richtigen Erkenntnis und Bezeichnung weichen musste, durch welche ich in unzweifelhafter Weise dargelegt habe, dass diese Bildungen die Vorstufen der beiden Basidienformen sind, welche einmal bei den Protobasidiomyceten in gegliederten Basidien, das andere Mal bei den Autobasidiomyceten in einzelligen Basidien mit apical gebildeten Sporen zur vollendeten Ausbildung fortgeschritten sind.[2]) Die Übereinstimmung in der Formbildung der beiden typischen Basidienformen mit ihren Vorstufen bei den Hemibasidii, den Ustilaginaceen, ist allerdings eine so grosse, dass es lange gewährt hat, die eigentlichen Unterschiede, die hier zwischen den Hemibasidien und den eigentlichen Basidien gleichwohl bestehen, zu erkennen und richtig zu bezeichnen. Sie sind in der äusseren Form wenig ausgeprägt, kommen aber unter dem Einflusse der künstlichen Kultur in Nährlösungen zu einer um so klareren und schärferen Erkenntnis.

Man war bis zu meinen vergleichenden Untersuchungen,[3]) welche die verwandtschaftlichen Beziehungen der Ustilaginaceen als Hemibasidii zu den eigentlichen Basidiomyceten aufgeklärt haben, der Meinung, dass in den Brandpilzen typische Parasiten vorlägen, bei welchen in der eigenartigen und auffälligen Anpassung der einzelnen Parasiten an ihre zugehörigen Nährpflanzen die Unfehlbarkeit des Parasitismus zu dem klarsten Ausdrucke komme. Wir treffen in der Tat kaum parasitisch lebende Pilze in der gesamten Pilzwelt an, bei welchen die Parasiten ihren Wirten gleich vollendet angepasst sind, wie es hier für die

---

[1]) Tulasne. Die früher schon zitierten Untersuchungen über die Brand- und Rostpilze aus den fünfziger Jahren des vor. Jahrh.

[2]) Hier sind die näheren Ausführungen mit den zugehörigen Abbildungen im V. und XII. Teile d. W., Brandpilze I und III, zu vergleichen und weiterhin die Formen der Protobasidiomyceten und der Autobasidiomyceten im VII. und VIII. Teile d. W. zum weiteren Vergleiche heranzuziehen.

[3]) Brandpilze I, V. Band d. W., 1883, und Brandpilze III, XII. Band d. W., 1895.

Formen der Brandpilze mit ihren Nährpflanzen zutrifft. Ich war gleichwohl überzeugt auf Grund vorausgegangener Kulturversuche mit anderen parasitisch lebenden Pilzen, dass auch hier in den Brandpilzen nur ein facultativer Parasitismus vorliegen könne, und dass es gelingen müsse, diese Parasiten ausserhalb der Nährpflanzen in künstlicher Kultur zur Entwicklung zu fördern.

Was konnte der Parasitismus anders sein, als eine blosse Anpassungserscheinung, welche bei den zahlreichen Formen der parasitisch lebenden Pilze in der verschiedensten Ausbildung wiederkehrt, und wenn diese Beurteilung zutraf, so musste es gelingen, alle parasitisch lebenden Pilze unabhängig von ihren Nährpflanzen zu kultivieren und festzustellen, dass sie auch ausserhalb ihrer Nährpflanzen in der Natur zu leben und zu vegetieren vermögen. Schon mit den ersten Kulturversuchen, die ich mit den Brandsporen in Nährlösung machte, zeigte es sich, dass das Dogma von dem unfehlbaren Parasitismus, welches vorzugsweise von der Schule in Strassburg[1]) vertreten wurde, nicht haltbar war, und dass auch die Formen der Brandpilze in den verschiedensten Nährlösungen und Nährsubstraten zu leben und zu vegetieren vermochten in einer Üppigkeit, als ob sie eine andere Lebensweise zu führen garnicht gewohnt seien.

Diese Kulturen in Nährlösungen ergaben nun,[2]) dass die Brandsporen in den Nährmedien ebenso keimten mit der Bildung der kleinen Conidienträger, wie es bereits in Wasser von Tulasne beobachtet worden ist. Es zeigte sich aber darüber hinaus der durchschlagende Unterschied, dass die kleinen, schon bestimmt gestalteten Fruchtträger, die Hemibasidien, namentlich die von Scheidewänden durchsetzten Formen, nicht mehr einzelne Conidien hervorbrachten, wie bei der Keimung in blossem Wasser,

---

[1]) Die Auffassung, dass alle parasitischen Pilze, unabhängig von ihren Wirten, zu ernähren und also erfolgreich zu kultivieren seien, habe ich schon seit der Mitte der siebziger Jahre an verschiedenen Stellen ausgesprochen und namentlich in der Ges. der naturforsch. Freunde in der Sitzung im Dezember 1875 in einem Vortrage: Neue Kulturmethoden zur Untersuchung der Pilze, angegeben, dass es auch gelingen müsste, die flechtenbildenden Ascomyceten ohne ihre Wirte, die Algen, zu kultivieren. In welchem Gegensatze diese meine richtigen Annahmen und Ausführungen zu den befangenen und unrichtigen Auffassungen der Strassburgischen Schule standen, das geht aus den Auslassungen von Fisch, dem damaligen Leibkritiker von de Bary, dem Vorläufer von H. Solms, klar hervor, welche in der botanischen Zeitung losgelassen wurden und welche schon bald nachher durch meine weiteren Resultate die schlagendste Abfuhr erleiden mussten. Man vergl. hierzu Seite 66—68 im VII. Bande d. W.

[2]) Brandpilze I und III im V. und XII. Bande d. W.

sondern in unerschöpflicher Fülle die Conidienproduction fortsetzten, so lange, als die Nährsubstrate in den Nährlösungen dies ermöglichten. Es zeigte sich also, dass die kleinen Fruchtträger zwar in ihrer Gliederung bestimmt ausgebildet waren, wie die Basidien, dass sie dagegen in der Erzeugung der Sporen eine bestimmte Begrenzung, wie die eigentlichen Basidien sie besitzen, noch nicht erreicht hatten.

Hierin war nun einerseits die Übereinstimmung in der Formbildung mit den Protobasidien der Basidiomyceten gegeben, andererseits aber auch die Abweichung scharf markiert, dass die Basidien bei den Brandpilzen in der Ausbildung der Sporenzahl noch nicht bestimmt geworden und so eine typisch vollendete Ausbildung als Basidien nicht erreicht haben. Es mussten also die Basidien der Brandpilze als Hemibasidien bezeichnet werden, und hiernach konnte weiter die ganze Gruppe der Formen der Brandpilze unter dem Namen Hemibasidii zusammengefasst werden.

Es ergab sich nun bei der Sporenkultur der einzelnen Brandpilzformen, noch weiterhin die bemerkenswerte Tatsache, dass die Hemibasidien, z. B. bei Ustilago longissima, eine bestimmte Formbildung und Gliederung noch nicht erreicht haben, dass diese bei Ustilago grandis und bei Ustilago bromivora zwar erreicht ist, dass aber die typische und einmalige Ausbildung der Hemibasidien mit der Keimung der Brandsporen hier noch nicht vorliegt. Die von den Hemibasidien gebildeten Conidien keimen hier noch immer wieder zu neuen Hemibasidien aus, so dass wir aussagen können, die Bildung der Hemibasidie ist noch keine einmalige geworden und noch nicht allein an die Keimung der Brandsporen gebunden.

Es liegt in den beschriebenen Fällen der Gang der morphologischen Differenzierung, welcher zu der Ausbildung der Hemibasidien geführt hat, klar ausgesprochen vor. Diese Ausbildung ist erst gegeben mit der einmaligen Bildung der Hemibasidie, wie sie bei der Keimung der Brandsporen der übrigen Formen der Brandpilze überzeugend in die Erscheinung tritt. Hier keimt jede Brandspore mit der Ausbildung einer Hemibasidie aus, die nur einmal gebildet wird. Die Conidien dieser Hemibasidien werden nun nicht mehr zu neuen Hemibasidien ausgebildet, sie zeigen vielmehr die Eigenart in der Entwicklung, dass sie sich in direkter Sprossung vermehren und durch diese direkte

Vermehrung zugleich eine ungeheure und unbegrenzte Vermehrung der Conidienfructification herbeiführen.

Die Conidien der Hemibasidien, welche zu dieser Form der direkten Sprossung in fortlaufenden Conidiengenerationen, also zu dieser eigentümlichen und unmittelbaren, direkten Vermehrung in Conidien übergehen, behalten in den fortschreitenden Generationen genau die Form der Conidien, gleich denen wie sie von den Hemibasidien ursprünglich gebildet wurden, ebenso auch den Ort der Sprossung immer nur an den Enden der Conidien unverschoben bei und stellen in der Fortdauer der Sprossung Sprossverbände von Conidien dar, welche sich leicht an der verengten Stelle der Sprossung durch Scheidewände abgrenzen und von einander trennen.

Diese Sprossung entspricht der längst bekannten Sprossung, die wir bei den Hefenpilzen, auch bei den kultivierten Hefen, unserer Gärungsinstitute, kennen, und es ist hiernach berechtigt, die direkte Sprossung und Vermehrung der Conidien als eine Sprossung der Conidien in Hefenform zu bezeichnen.

Diese Hefeconidien setzen ihre Sprossung in Nährlösungen unbegrenzt fort. Die Grenze der weiteren Sprossung ist nur in der Erschöpfung der Nährlösung gegeben: sie würde nicht eintreten, wenn die Nährlösungen unerschöpflich fortdauerten.

Erst mit der Erschöpfung der Nährlösungen gehen die Conidien der meisten Formen der Brandpilze zu fadenartiger Auskeimung, also zu der Bildung von Mycelien, über, und, wie ich gleich nachweisen werde, können aus diesen Keim- resp. Mycelfäden dieser Conidien, wenn sie die Nährpflanzen erreichen und in diese eindringen, die grossen, Scheidewände führenden Mycelien gebildet werden, welche wieder zur Bildung von Brandsporen in den Nährpflanzen übergehen.[1])

Es ist im höchsten Grade bemerkenswert, dass die Conidiensprossungen in Nährlösungen ausserhalb der Nährpflanzen unbegrenzt fortdauern, dass sie aber sofort aufhören, wenn die Conidien mit ihren Keimfäden oder mit ihren Mycelfäden in die Nährpflanzen eingedrungen sind, und dass dann in den Nährpflanzen keinerlei Sprossungen von Conidien mehr beobachtet werden, vielmehr einzig und allein die Ausbildung resp. die Fructification in

---

[1]) Es muss hier nochmals nachdrücklich auf die bildlichen Darstellungen der Entwicklung der Brandpilzformen in den zitierten Bänden V und XII m. W. hingewiesen werden.

Brandsporen an den einzelnen und bestimmten Stellen der Nährpflanzen gefördert wird.

Man kann hier die Frage aufwerfen, ob es einen ähnlichen Fall von Beeinflussung des Nährsubstrates auf die Formbildung der Pilze, wie es der hier vorliegende ist, im Bereiche der gesamten Pilzkunde gibt? — Mir ist keiner bekannt. Derselbe Pilz, der ausserhalb der Nährpflanze nur in unbegrenzter Fülle in Conidiensprossungen fructificiert, eben derselbe Pilz hört sofort auf, Conidien zu bilden, wenn er die Nährpflanze erreicht hat, und erzeugt in dieser einzig und allein nur Mycelien mit Brandsporen, welche nun wiederum ausserhalb der Nährpflanzen, in Nährlösungen, nie zur Ausbildung gelangen.[1])

Noch merkwürdiger aber erscheint bei diesen neuen Beobachtungen die Tatsache, dass die Conidien hier bei den Brandpilzen unter den bis dahin betrachteten Formen der Pilze zum ersten Male zu einer direkten Sprossung und Vermehrung ihrer Keime in Nährlösungen übergehen. Wohl konnte bei den Entomophthoreen die Bildung einer Secundärspore aus der Primärconidie beobachtet werden, niemals aber die unbegrenzt fortdauernde Bildung neuer Conidien in genau der gleichen Form und mit genau fixiertem Orte der Aussprossung, wie sie hier besteht. In dieser Erscheinung liegt eine neue morphologische und biologische Tatsache vor, welche bei den bisher betrachteten Pilzen an keiner Stelle beobachtet werden konnte, aber hier zum ersten Male in die Erscheinung tritt. Es kann nach der bestimmten Form der sprossenden Conidien, nach dem bestimmten Orte der Aussprossung und der sich anschliessenden Zergliederung der Sprossconidien an den Stellen der Aussprossung nicht im mindesten zweifelhaft sein, dass wir es hier mit einer fructificativen Bildung in der Fortdauer der Sprossung zu tun haben.

Diese Bildung führt zu einer unbegrenzten Vermehrung der Keime; aber die Sprossung selbst und ihre Fortdauer in Nährlösung zeigt zugleich die vollkommenste Analogie mit einer rein vegetativen Entwicklung, wie wir sie sonst in der Auskeimung der Sporen zu Mycelien beobachten konnten.

---

[1]) Näheres in der langen Reihe der Untersuchungen der Brandpilzformen in Nährlösungen, welche in dem V. und XII. Teile d. W., Brandpilze I und III, niedergelegt sind und in Ergänzung hierzu die Infectionsversuche mit den Brandpilzen und den zugehörigen Nährpflanzen, welche in dem XI. und XIII. Teile d. W., Brandpilze II und IV, zusammengefasst sind.

Wir haben demnach hier die neue und eigentümliche Tatsache, dass diese Pilze gleichsam zwei Vegetationsformen besitzen, die eine, rein vegetative mit der Ausbildung von Mycelien innerhalb der Nährpflanze, die zweite, zwar äusserlich vegetativ erscheinende, in der Wirklichkeit aber fructificative Bildung ausserhalb der Nährpflanze, in der direkten Aussprossung der Conidien, die hier zu einer unglaublichen Vermehrung der Keime führt.

Halten wir die beiden Abschnitte der Entwicklung, die vegetative Bildung in Mycelien, die vegetative Bildung aber in fructificativer Form der Sprossung in Conidien, gegen einander, so haben wir hier Pilze mit zwei Vegetationsformen, die gleichsam antagonistisch zur Ausbildung kommen. Die Vegetationsform in Mycelien ist beschränkt auf die Nährpflanzen, und aus diesen werden nur die Brandsporen, nicht aber Conidiensporen, erzeugt. Die andere Vegetationsform findet nur ausserhalb der Nährpflanzen, in Nährlösungen statt. Sie führt zu einer unbegrenzten Vermehrung der Keime, aber nicht zur Ausbildung von Brandsporen.

Wenn wir die vegetative Entwicklung in Conidiensprossungen in Nährlösungen in Reihengenerationen weiter verfolgen, treten niemals andere Formbildungen auf, und wir würden, wenn wir diese Formen für sich allein beurteilen müssten, gar nicht auf den Gedanken kommen können, dass diese nichts anderes wie Entwicklungsglieder von anderen Pilzen, hier speziell der Formen der Brandpilze sind. Nur die Auskeimung der Conidien zu Mycelien in den erschöpften Nährlösungen deutet den weiteren, sich hier anschliessenden Gang der morphologischen Differenzierung an. Wenn aber diese Auskeimung der Conidien zu Mycelfäden nicht mehr eintritt, und dies geschieht tatsächlich schon nicht mehr bei den Sprossconidien verschiedener Brandpilze, z. B. Ustilago olivacea, dann ist jede Spur für die sichere Beurteilung der vorliegenden Sprossconidien verloren gegangen. Wir haben in dem speziellen Falle nur den einen Anhaltspunkt für ihre Beurteilung darin, dass wir die Sprossconidien von den Brandsporen hergeleitet haben, und wir haben aus dieser Ableitung die weitere Möglichkeit vor uns, durch Übertragung dieser Conidien auf die Nährpflanzen den zweiten und abschliessenden Teil der Entwicklung in Mycelien mit Brandsporen in den Nährpflanzen zu erreichen. Fehlte uns der Ausgangspunkt in den Brandsporen und kämen uns diese Conidiensprossungen als Pilzkeime in die Kulturen von Nährsubstraten ausserhalb der Nährpflanzen, so würden wir, sie als selb-

ständige Pilze zu beurteilen, allen Grund haben, deren Charaktere nur allein in der direkten Sprossung in Nährlösungen in der Form der Sprossglieder, sowie ihrer späteren Zergliederung, und endlich in dem morphologischen Orte der Aussprossung gegeben sind.

Es ist diese Ausführung an dieser Stelle unbedingt erforderlich, um das Verständnis vorzubereiten und zu gewinnen für die morphologische Beurteilung, einmal der Formen der Sprossconidien höherer Pilze, dann namentlich der Formen der eigentlichen Sprosspilze, der sogenannten Saccharomyceten, welche wir, in der ascenbildenden Reihe der höheren Pilze demnächst zu besprechen, die Veranlassung haben werden.

In der Ausbildung der Hemibasidien mit ihren Conidien ist bei den Brandpilzen der Höhepunkt der morphologischen Differenzierung erreicht. Die Ausbildung der Hemibasidie vollzieht sich, wie wir gesehen haben, innerhalb der Formenreihe der Brandpilze selbst. An der Stelle, wo sie in typischer Formbildung und in dem einmaligen Auftreten der Hemibasidie bei der Keimung der Brandspore zur Erscheinung kommt, haben wir nun noch Gelegenheit, die Beobachtung zu machen, dass hier mit der einmaligen Hemibasidienbildung die Nebenfruchtform in Conidien sich gleichsam abspaltet. Die Conidiensporen der Hemibasidie wachsen hier nicht wieder zu neuen Hemibasidien aus, sie vermehren sich nur in direkter Sprossung. Es sind aber dieselben Conidien der Hemibasidien, welche in unveränderter Formbildung die direkte Sprossung fortsetzen. Die Hefeconidien stellen also hier unabhängig von den Conidien der Hemibasidien die Nebenfruchtform zu den Hemibasidien mit ihren Conidien dar.

Es bedürfte nur einer geringen Veränderung in der Form dieser Conidien, um diese Nebenfruchtform typischer auszuprägen, und dies können wir tatsächlich schon bei den Sprossconidien des Maisbrandes, Ustilago Maydis, beobachten. Die Sprossconidien dieser Brandform zeigen die Eigentümlichkeit, dass sie ihre Sprossung auch ausserhalb der Nährlösung in Luft fortsetzen können. Wir bekommen also aus den Hefeconidien Luftconidien in Sprossung, und diese Sprossungen zeigen eine unverkennbare Veränderung, welche dahin geht, dass die Sprossungen in zentrifugaler Richtung vorzugsweise an den Spitzen fortdauern, und dass so eine fast reihenförmige Anordnung dieser Luftconidien zustande kommt.[1]

[1] Die näheren Einzelheiten und die zugehörigen Abbildungen finden sich im V. und XI. Teile, Brandpilze I und II, vor.

Bei dem Stinkbrand, bei der Tilletia und bei Neovossia etc., können wir weiter beobachten, dass hier die Conidien der Hemibasidien nachträglich ihre Fadenform in eine Sichelform verändern, dass die Conidien nicht mehr in Köpfchen auftreten, wie bei der Hemibasidie, sondern einzeln und unregelmässig von den Mycelien gebildet werden.[1]) Hier ist nun schon eine etwas anders gestaltete, einfachere Nebenfruchtform von der höheren Fruchtform in den Hemibasidien abgespaltet. Wir haben Sichelconidien einzelstehend auf den Mycelien neben den in Köpfchen gebildeten Kranzconidien auf den Hemibasidien. Es spaltet sich also hier bei diesen Formen in der höheren Fruchtform der Hemibasidie eine niedere Fruchtform in einfacheren Conidien in unverkennbarer Deutlichkeit ab. Noch weiter finden wir die Conidienformen verändert bei den Conidien von Tuburcinia und bei Entyloma, wo noch die Eigentümlichkeit hinzukommt, dass diese Conidien als Nebenfruchtform auf den Nährpflanzen selbst vorkommen, in welchen die Brandsporen zur Ausbildung gelangen.[2])

Aber auch die Fructification in den Brandsporen selbst, die hier bei den Brandpilzen zu so auffälliger Erscheinung gefördert ist, zeigt in einzelnen Formen eine sehr bemerkenswerte Steigerung in der morphologischen Differenzierung. Wir haben Fälle bei Ustilago Hydropiperis, wo die von den Mycelien angelegten Brandsporen in den befallenen Fruchtknoten von Polygonum nur in den mittleren Teilen zu wirklichen Brandsporen ausgebildet werden, während die innersten und die umgebenden Sporenanlagen steril bleiben, und in blasenförmigen Zellen weiterhin eine Art von Hülle um das eigentliche Brandlager bilden. — Wir haben dann noch bei einer ganzen Reihe von Formen der Gattung Ustilago grosse Brandlager, welche von dicht verflochtenen Mycelhyphen gleichsam wie mit einer weissen Hülle umgeben sind. Diese Hülle aus sterilen Mycelfäden macht die Brandlager in ihrer äusseren Erscheinung gleichsam zu einer morphologischen Einheit, und wir können verfolgen, dass diese sterilen Mycelhüllen von den Mycelfäden der Brandpilze herrühren, welche nicht in den eigentlichen Fruchtknoten resp. in den Blütenanlagen, sondern in den umgebenden Blatthüllen zur

---

[1]) Brandpilze III, Tafel X im XII. Teile d. W.

[2]) Woronin, Beiträge zur Morphologie der Pilze, Heft V.

Entwicklung kommen. Nur die ersteren gehen zur Brandsporenbildung über, die anderen, peripherischen Hyphen aus den Blatthüllen bleiben steril und gestalten sich zu einer weissen, umhüllenden Schicht für das Brandlager. Am auffälligsten ist diese Erscheinung bei Ustilago destruens, wo die Blüten ganzer, auf das äusserste verkürzter Blütenstände zum Brandlager werden, während die durch den Pilz künstlich zur Ausbildung gereizten, sonst nicht auftretenden Stützblätter in den Blütenständen, vegetativ von dem Pilze durchwuchert, die weisse, bemerkenswerte Hülle der Riesenbrandgallen ausmachen. Ich werde an einer anderen Stelle diese hier nur kurz angedeuteten, äusserst bemerkenswerten Erscheinungen besonders und ausführlich behandeln. – Als weitere Brandlager mit sterilen Hüllen will ich noch den Sorghumbrand und den Maisbrand anführen, bei welchen in dem befallenen Fruchtknoten die weissen, sterilen Hüllbildungen aus der vom Pilze durchwucherten Fruchtknotenwand gebildet werden. — Darüber hinaus finden wir eine weitere Differenzierung von verschiedener Ausbildung in den Anlagen der Brandsporen bei den Formen, welche typische Sporenhaufen ausbilden. — Bei Urocystis finden wir einen Sporenhanfen, in welchem nur die inneren Zellen wirklich keimfähige Brandsporen darstellen, um welche die peripherischen Sporenanlagen eine sterile Peridie bilden. Mit zunehmender Grösse der Sporenhaufen, wie sie bei Doassansia zur Erscheinung kommt, finden wir diese Peridie aus sterilen Sporen in einer scharf ausgeprägten Aussenschicht von Zellen, welche die innere Masse der fertilen, keimfähigen Brandsporen einschliesst.[1])

Gehen wir jetzt zur engeren Kultur der Sporenformen der Brandpilze über, so bilden selbstverständlich die Brandsporen aus den Brandlagern der Nährpflanze den Ausgangspunkt unserer Versuche. Bei den Keimungen dieser Sporen in blossem Wasser, wie sie von Tulasne zuerst ausgeführt ist, können wir die Sporen ohne besondere Sorgfalt aus den Brandlagern der verschiedenen Nährpflanzen zur Kultur heranziehen. Die Keimung der Sporen ist eine so bestimmte und eine so eigenartige, dass hier Verwechs-

---

[1]) Diese hier kurz zusammengefassten Einzelheiten über die Bildung der Brandsporenlager bei Ustilago Hydropiperis, bei U. Sorghi, bei U. Maydis, bei Anthracoidea-Formen und namentlich bei Ustilago destruens habe ich in den letzten zehn Jahren mühsam festgestellt. Sie sollen erst in dem XV. oder XVI. Teile d. W. zugleich mit den weiteren Tatsachen über die Infection der Brandpilze als Brandpilze V zur ausführlichen Mitteilung gelangen.

lungen gar nicht möglich sind. Sobald wir aber zur Kultur dieser Brandsporen in Nährlösungen übergehen, wird es notwendig, die Entwicklung von einer Brandspore mit voller Sicherheit herzuleiten, um jede Verwechslung auszuschliessen und den Beweis zu liefern, dass die hier auftretenden Conidiensprossungen in Hefenform nicht fremde Eindringlinge in die Kultur, sondern Abkömmlinge und Entwicklungsglieder der ausgesäten Brandspore sind. Ich kann hier kurz verweisen auf die schon im ersten Teile beschriebene Keimung der Brandsporen und deren continuierliche Beobachtung in feuchten Kammern, in hängenden Tropfen,[1]) die sich über Tage und Wochen hinaus erstreckte.

Die Kultur der Brandpilze in Nährlösungen muss von einzelnen Brandsporen abgeleitet werden, und bei weiteren Versuchen für die Infection der Brandpilze resp. für die Erzeugung der Brandkrankheiten ist es das erste Erfordernis, die Brandsporen aus den Brandlagern der Nährpflanzen in möglichster Reinheit zu gewinnen. Dies ist leicht möglich bei den Brandformen, welche in den geschlossenen Fruchtknoten oder in geschlossenen Brandblasen oder von Fruchtkörpern der Brandpilze in einschliessender Peridie entnommen werden können. Auch von den Brandlagern, welche nachher frei und ungeschützt zur Erscheinung kommen, z. B. in den Formen des Flugbrandes und des Hirsebrandes etc., kann man mit genügender Vorsicht reines Sporenmaterial gewinnen, wenn man hierfür nur allein die eben aufbrechenden und frei werdenden Brandlager in Verwendung zieht. Ist dies nicht möglich, oder handelt es sich um Gewinnung ausgiebigen Sporenmaterials für weit gehende Infectionsversuche, so muss man das Sporenmaterial von den Brandlagern entnehmen, wie sie sich in der Natur vorfinden. Um die Wirkung atmosphärischer Einflüsse und die Keimung leicht keimender Brandsporen durch Regen zu verhindern, also keimkräftiges Sporenmaterial zu sichern, ist es immer notwendig, die Einsammlung des Materials möglichst früh vorzunehmen. Unvermeidlicherweise sind aber schon hier Verunreinigungen durch fremde Pilzkeime aus der Luft und durch Insektenkeime aus der Umgebung eingetreten. Hier muss man gegen Insektenfrass das getrocknete Brandsporenmaterial durch ein sehr feines Messingsieb absieben und dann die so gereinigten Sporen in Gläsern, die oben lose mit sublimatisiertem

---

[1]) Band V d. W. Brandpilze I. Die einzelnen Untersuchungen über Ustilago antherarum, U. Carbo, U. Maydis, U. longissima, U. bromivora, U. cruenta, U. olivacea etc. sind hier näher einzusehen.

Fliesspapier überbunden sind, höchstens zu einem Fünftel angefüllt, aufbewahren für die Verwendung im nächsten Frühjahr. Der Insektenfrass wird in dieser Art mit ziemlicher Sicherheit für die Dauer der Aufbewahrung ausgeschaltet, und im Frühjahr muss man das Sporenmaterial im Wasser abschütteln, auf der Centrifuge die Sporen schnell absetzen lassen, um dann durch wiederholtes Schütteln im Wasser und Reinigen auf der Centrifuge das Sporenmaterial auf den möglichsten Grad der Reinheit zu bringen. Mit dem so vorbereiteten Sporenmaterial kann man die Infectionsversuche bei den verschiedenen Nährpflanzen leicht und unmittelbar ausführen. Zum Auftragen der Sporen auf die zu inficierenden Teile der Nährpflanzen, in den meisten Fällen auf das eben austreibende Saatgut, verwendet man den Pulverisator. Die gereinigten Sporen, in Wasser in geeigneter Art verteilt und mit Nährlösungen, am besten mit verdünnter Bierwürze, in der zusagenden Form versetzt, werden mit dem Pulverisator in feinen Tröpfchen auf die eben austreibenden, in Kulturkästen auf feuchter, sterilisierter Erde ausgelegten Saatkeimlinge der Nährpflanzen in der Art aufgeblasen, dass die einzelnen Tröpfchen, die je 2 bis 5 Sporen enthalten, an diesen haften bleiben. Die Infection vollzieht sich nun an den Keimlingen durch die auskeimenden Sporen in möglichster Schnelligkeit und Sicherheit, wenn diese nur in den Infectionskästen durch eine Glasplatte nach aussen gegen zu schnelles Eintrocknen geschützt sind. Man ist in der Lage, die Keimung, das Eindringen der Keime nur allein in die jungen, weichen, noch nicht entwickelten Pflanzenkeime sicher zu verfolgen, um dann nach weiterem Auspflanzen der infizierten Keimlinge das Auftreten der Brandlager in den späteren Teilen der entwickelten Pflanzen abzuwarten. Diese Art der Infection mit den Brandsporen kann nur bei den Formen von Brandpilzen verwendet werden, deren Sporen unmittelbar in Nährlösungen auskeimen und eventl. zur reichen Conidienbildung übergehen. Statt der Brandsporen können selbstverständlich auch die Conidien, welche vorher aus der Reinkultur der Brandsporen in Würze gewonnen sind, zur Infection verwendet werden. Es ist nur nötig, dass sie, in der verdünnten Nährlösung verteilt, mit dem Pulverisator aufgeblasen werden.[1])

Es ist bei dieser Ausführung der Infection mit dem keimkräftigen, angriffsfähigen Materiale der Conidien mit Leichtigkeit festzustellen, in welchen Sta-

[1]) Die experimentelle Ausführung dieser Infectionsversuche ist ausführlicher beschrieben in den erfolgreichen Versuchsreihen mit den verschiedenen Brandpilzformen, welche im XI. und im XIII. Teile d. W., Brandpilze II und IV mitgeteilt sind.

dien der Entwicklung die Nährpflanzen empfänglich, also inficierbar sind, und an welchen Stellen allein die Infection erfolgt. In vielen Fällen, z. B. bei dem Flugbrande, bei dem Stinkbrande und bei dem Hirsebrande, tritt die Infection nur in den ersten Stadien der Keimlinge des Saatgutes ein, so lange hier die Gewebe noch zart und nicht erhärtet sind. Wenn die ersten, grünen Blätter das Keimblatt durchstossen haben, erfolgt zwar das Eindringen der Keimlinge noch, aber die eingedrungenen Keimlinge erreichen nicht mehr die Vegetationsspitze und können darum später in der entwickelten Pflanze keine Brandlager mehr in den Blütenständen erzeugen. Die erfolgreiche Infection hat hier also schon früh ihr Ende, und die Nährpflanzen sind dann bis zu ihrer Blütezeit gegen die Infectionskeime immun.

Nur beim Maisbrande konnte ich feststellen, dass die Keimlinge des Saatgutes kaum oder garnicht befallen werden, und dass eine erfolgreiche Infection hier an der entwickelten Pflanze in allen jungen Gewebsteilen erfolgen kann, welche bei dieser grossen Pflanze auch von aussen her den Infectionskeimen zugänglich sind. Die Infection erfolgt an den jungen, männlichen Blüten der Spitze, an jungen Blättern, an Achsen, an jungen Wurzeln, sogar an den Narben der weiblichen Blütenkolben und endlich auch direkt an den jungen Fruchtknoten dieser Blütenstände. Nach längstens drei Wochen kommt hier schon der Brand zur Entwicklung. Die Infection des Maisbrandes ist auf das leichteste ausführbar in den Conidien, welche aus den in Nährlösungen leicht keimenden Brandsporen in unbegrenzten Massen gewonnen werden können. In der Natur erfolgt die Infection nicht durch die Brandsporen direkt; diese keimen nicht bald nach ihrer Bildung in Wasser, sondern erst nach langer Ruhezeit im Boden aus. Mischt man die Brandsporen mit Dünger, breitet den so inficierten Mist auf dem Boden eines Maisquartiers aus, so erfolgt hier die Infection vom Boden aus durch die eigenartigen Luftconidien in Hefenform, welche den Maisbrand auszeichnen, und welche durch die Bewegungen der Luft leicht verstäuben und durch die offenen Ritzen zu den jungen Teilen der grossen Maispflanze durch den Wind eingeweht werden.

Man war bis zu meinen Versuchen über die Infection des Maisbrandes und die Eigenart seiner Entwicklung[1]), die in der kurzen Incu-

---

[1]) Hier sind die von Abbildungen begleiteten, speziellen Ausführungen im XI. Teile d. W., Brandpilze II, näher einzusehen.

bationsdauer von wenigen Wochen besteht und die bis dahin gänzlich unbekannt geblieben war, der Meinung, dass die Infection der Nährpflanzen nur allein an dem eben austreibenden Saatgute erfolgen könne. Die neu festgestellte Tatsache, dass beim Maisbrande die jungen Fruchtknoten der weiblichen Blüten direkt inficierbar sind, legte den Gedanken nahe, dass auch bei unseren Getreideformen die jungen Fruchtknoten in ihren zarten, noch nicht erhärteten Geweben, die mit dem Aufbrechen der Blüten von aussen zugänglich werden, eine direkte Infection durch die Brandkeime erfahren können. Bei den verschiedenen Formen des Staub- oder Flugbrandes habe ich dann in Verbindung mit meinem Schüler und Assistenten Dr. Falck den Nachweis geführt, dass auch eine Blüteninfection unabhängig von dem austreibenden und inficierbaren Saatgute erfolgen kann, und dass diese sogar bei dem Flugbrande des Weizens und der Gerste die einzige und ausschliessliche Form der Infection ist.[1]) Hier wurden die eben aufbrechenden Blüten mit den frisch gesammelten Brandsporen von den Saatfeldern entweder einzeln oder in den ganzen Ährenständen durch Einblasen mit einem Gummiballon inficiert und die hier stattfindende Infection, die bei der einzelnen Blüte sogar total brandige Felder aus dem geernteten Saatgute ergab, über jeden Zweifel hinaus sichergestellt. Es konnte sogar der Nachweis geführt werden, dass bei dem Antherenbrand der Nelkenpflanzen diese Blüteninfection nicht durch den Wind verstäubender Brandsporen, wie beim Flugbrande, sondern durch die Insekten auf natürlichem Wege ausgeführt wird.

Das Bemerkenswerteste bei dieser Blüteninfection ist jedenfalls die Tatsache, dass hier der junge Fruchtknoten schon in den ersten Stadien der Embryoanlage befallen, dass die Embryonen selbst von den Fäden des eingedrungenen Pilzes durchwuchert werden, dass aber gleichwohl der Embryo und mit ihm zugleich die Ausbildung des Fruchtkornes sich ungestört vollzieht, dass der Pilz mit dem Saatgute und in dem Embryo des Saatgutes eine Ruheperiode durchmacht, und dass er dann erst im nächsten Jahre aus den ausgesäten Körnern in der entwickelten

[1]) Der XIII. Teil d. W., Brandpilze IV, enthält die engere Ausführung der Versuche über die Blüteninfection bei den Brandpilzen und ihre Resultate.

Pflanze die Brandlager hervorbringt. Die Incubationsdauer des Pilzes beschränkt sich hier nicht auf eine Vegetationsperiode, sie erweitert sich auf die einjährige Dauer; es kann sogar das Saatgut mehrere Jahre ruhen, um nachträglich brandige Pflanzen hervorzubringen.

Die Anwendung des Pulverisators für die Übertragung der Infectionskeime in kleinen Tröpfchen, die allein auf den Nährpflanzen haften bleiben, sichert in vollendeter Art die eingeleitete Infection, mag diese nun mit den in Nährlösungen verteilten Hefeconidien oder mit den Brandsporen selbst eingeleitet sein.

Von den beiden Formtypen der Hemibasidien in geteilten Basidien mit seitlichen Sporen, bei den Ustilagieen einerseits und bei den ungeteilten Basidien mit apical gestellten Sporen, bei den Tilletieen andererseits, kommen wir nun in möglichst nahem und natürlichem Anschlusse zu den beiden **Formtypen der eigentlichen Basidiomyceten,** zu den **Formen der Protobasidiomyceten und der Autobasidiomyceten.**[1])

II. Protobasidiomyceten. Die Formen der Gattung Ustilago führen zu den Basidiomyceten mit geteilten Basidien in der Art hinüber, dass die Basidien ihre Form und Gliederung völlig beibehalten, nur in der Zahl der Sporen regelmässig und bestimmt werden. Die geteilten Basidien, welche aus den Brandsporen keimen, finden wir in der gleichen Teilung bei der Keimung der Teleutosporen der Rostpilze, der Uredineen, wieder; vierzellige Basidien erzeugen aus jeder Zelle eine Spore und schliessen hiermit ihre Entwicklung ab. Diese verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Brandpilzen und den Rostpilzen sind lange unklar geblieben. Erst durch die Kulturversuche in Nährlösungen und durch meine vergleichenden Untersuchungen, durch welche ich nachweisen konnte, dass die Promycelien Tulasnes, welche bei der Keimung der Brandsporen und der Teleutosporen der Rostpilze auftreten, homologe Bildungen sind und als Basidien von bestimmter Gestalt und Gliederung beurteilt werden müssen, ist es möglich geworden, die Übereinstimmung und die Abweichung zwischen

---

[1]) Ich verweise hier nochmals auf die Übersicht des natürlichen Systems der Fadenpilze, welche dem VIII. und X. Teile d. W. beigegeben ist und auf die engeren Ausführungen in den Brandpilzen III, Heft X über den natürlichen Zusammenhang der Brandpilze der Hemibasidii mit den Formen der eigentlichen Basidiomyceten.

diesen beiden Formen von Basidien richtig zu beurteilen und den Nachweis zu führen, dass die einzige Abweichung zwischen den Basidien bei der Sporenkeimung der Brandpilze und der Teleutosporenkeimung der Rostpilze darin besteht, dass die Basidien der Brandpilze in ihrer Sporenzahl noch unbestimmt, die Basidien der Rostpilze dagegen zu einer bestimmten Sporenzahl fortgeschritten, dass mithin die Basidien der Brandpilze als Hemibasidien und, sozusagen, als Vorstufen zu den eigentlichen Basidien der Rostpilze zu beurteilen sind.

Ich möchte glauben, dass in dem gesamten Bereiche der Morphologie der pflanzlichen Lebewesen kaum eine Stelle wieder zu finden ist, in welcher der natürliche Zusammenhang zweier Formklassen, die bis dahin getrennt und unvermittelt dastanden, in so klarer und überzeugender Weise zur Erkenntnis gefördert ist, wie sie hier bei den Hemibasidien einerseits und bei den Basidiomyceten andererseits jetzt vorliegt.

Der natürliche und unmittelbare Anschluss der Formen der Ustilagieen an die Formen der Uredineen ist hiermit ganz von selbst gegeben. Die Bildung der Basidien bei den Uredineen erfolgt stets, wie bei den Brandpilzen, aus der Keimung von Chlamydosporen, welche hier ja gewöhnlich am Ende der Vegetationsperiode erzeugt werden, um nach Überwindung des Ruhezustandes im nächsten Frühjahr zu Basidien auszukeimen. Nur bei einer geringen Anzahl von Formen sind die Anlagen der Teleutosporen zwar vorhanden, aber ihre Auskeimung zu Basidien erfolgt unmittelbar entweder im Verlaufe der Vegetationsperiode, z. B. bei Cronartium, oder bei ihrem Beginn im Frühjahr, z. B. bei Gymnosporangium. Die Basidiensporen keimen unmittelbar und dringen, durch den Wirt auf die zugehörigen Nährpflanzen vertrieben, durch die Epidermiszellen in diese ein.

Es ist besonders charakteristisch für die Rostpilze, dass die Chlamydosporen nicht bloss in der Form der Teleutosporen, die fructificativ auskeimen, sondern ausser dieser noch in Uredosporen vorkommen und in Aecidiosporen, welche letzteren in Fruchtkörpern, von einer Peridie umgeben, wie bei Doassansia unter den Ustilagineen, ausgebildet werden. Aus dem Vergleiche erhellt mit überzeugender Klarheit, dass diese drei Chlamydosporenformen durch Spaltung aus einer Form hervorgegangen sind. Die Spaltung und Vermehrung der Fruchtformen in Chlamydosporen ist für die Rostpilze ganz besonders charakteristisch, die Übergänge in den einzelnen Formen sind unmittelbare und

natürliche, z. B. bei Uromyces, wo Uredo- und Teleutosporen einzellig und kaum von einander verschieden sind. Bei anderen Formen sind die Teleutosporen mehrzellig, aber noch nicht fruchtkörperartig, wie wir es bei den Aecidien antreffen, welche hier die höchste Steigerung in der Chlamydosporen-Fructification erreichen und an die Fruchtkörper von Doassansia bei den Brandpilzen erinnern. Von den drei Chlamydosporenformen, den Teleuto-, Uredo- und Aecidiosporen, können mitunter nur zwei oder gar eine zur Ausbildung gelangen, jedenfalls aber ist stets nur eine unter diesen zur fructificativen Auskeimung resp. zur Bildung der Basidien bestimmt.

Ausser der Sporenbildung in den Basidien kommt nun noch eine Conidienbildung vor in kleinen Fruchtlagern in Pycnidenform. Die sehr kleinen Conidien dieser Pycniden verhalten sich in Wasser bei dem Mangel an Nährstoffen passiv, sie keimen aber in sehr verdünnten Nährlösungen zu Fäden aus, welche die Grösse von verzweigten Mycelien in der Kultur erreichen.

Die Uredineen, die Rostpilze, leben ausschliesslich parasitisch und sind den Nährpflanzen, die sie bewohnen, eng angepasst. Sie bilden nur in selteneren Fällen ihre sämtlichen Fruchtformen in den verschiedenen Chlamydosporen, in Conidien und in Basidien, bei der Auskeimung der Teleutosporen auf ein und derselben Pflanze, aus, z. B. bei Puccinia asparagi. In den meisten Fällen bewohnt ein und derselbe Pilz zwei verschiedene Nährpflanzen, auf welchen seine Fruchtformen in bestimmter und regelmässiger Verteilung und Folge wiederkehren. Auf der einen Nährpflanze werden gewöhnlich die kleinen Pycniden mit den Aecidien ausgebildet, während auf der zweiten Form der Nährpflanzen, von den Aecidiensporen ausgehend, zunächst Uredo- und dann nach dem Herbste hin Teleutosporen ausgebildet werden, welche erst im nächsten Frühjahre zu Basidien auskeimen. Von diesen Basidiensporen werden die Pycniden- und die Aecidiosporen erzeugt, von den Aecidiosporen werden zunächst Uredolager fortgebildet, auf welchen sich im Herbste die Dauersporen, die Teleutosporen, ausbilden.

Die grossen Uredo- und die Aecidiosporen keimen mit einem einfachen, dicken Keimschlauche aus, dringen gewöhnlich nicht durch die Haut, sondern durch die Spaltöffnungen in die Nährpflanzen ein. Bei den heteröcischen Formen hat es den Anschein, als ob die Sporen von der einen Nährpflanze die zweite Nährpflanze inficieren und beide Fruchtformen und Nährpflanzen in Abhängigkeit zu einander ständen. Diese Heteröcie, zuerst bei dem Rost von Juniperus Sabinae

und von den Birnbäumen[1]) gefunden, wurde dann bei dem Roste des Getreides und der Berberitzenpflanze[2]) festgestellt und ist noch jetzt bei den vielen Rostpilzformen in ihrer sicheren Ermittelung das Ziel der Untersuchungen vieler Mycologen[3]), um so die Zusammengehörigkeit der Fruchtformen eines Rostpilzes von zwei verschiedenen Nährpflanzen zu einem Formkreise zu vereinigen.

Die Übertragung der Basidiensporen auf die Nährpflanze erfolgt in der Natur vorzugsweise durch den Wind, die Sporen wachsen mit ihren Keimschläuchen direkt durch die Oberhaut in die Pflanzen hinein. Die Teleutosporenlager, die bis zum Frühjahr, an ihren Nährpflanzen haftend, in der freien Natur verbleiben müssen, werden zum Zwecke künstlicher Infection bei ihrer Keimung so über den zu infizierenden Nährpflanzen angebracht, dass die abfallenden Basidiensporen auf diese niederfallen müssen. Das Eindringen und die Entwicklung zu Pycniden- und Aecidienlagern ist leicht zu verfolgen. Die Aecidiensporen von der einen Nährpflanze werden ebenfalls durch den Wind auf die zweite Nährpflanze übertragen, dringen durch die Spaltöffnungen ein und erzeugen Uredolager. Das Eindringen, hier durch die Spaltöffnungen, ist leicht und sicher zu beobachten, ebenso im Anschluss die Ausbildung der Uredolager. Die sogleich keimfähigen und wiederum durch die Spaltöffnungen eindringenden Uredosporen erzeugen, oft in mehreren Generationen, Uredolager, bis nach dem Herbste hin die Teleutosporen, zunächst neben den Uredosporen und, dann ausschliesslich, zur Ausbildung gelangen, welche nun in krustenartigen Lagern an den befallenen Teilen der Nährpflanzen für die Dauer des Winters haften bleiben.[4])

Die Annahme, dass die Rostformen in Pycniden und Aecidiensporen von der einen Nährpflanze den zugehörigen Rost in Uredo- und Teleutosporen in der zweiten Nährpflanze erzeugen, ist über jeden Zweifel hinaus gesichert; dagegen

---

1) Die diesbezüglichen Untersuchungen von A. S. Oersted sind im Jahre 1862 mitgeteilt.

2) Man vergleiche die bekannten Untersuchungen von A. de Bary aus den Jahren 1864—65.

3) Die diesbezüglichen einzelnen Autoren sind in der Literatur der Rostpilze leicht einzusehen.

4) Das Eindringen der Sporen bei den Uredineen bald durch die Oberhaut, bald durch die Spaltöffnungen, ist zuerst von de Bary beobachtet und in den einzelnen Fällen festgestellt worden.

ist die Frage noch nicht als abgeschlossen anzusehen, ob die zwei Nährpflanzen sich notwendig ergänzen müssen, um die Rostpilzform zu erhalten und zum natürlichen Abschlusse ihrer Entwicklung zu bringen. Beim Schwarzroste des Getreides würde die Berberitzenpflanze für die Erhaltung der Pilzform erforderlich sein, wenn diese Annahme eine vollständig zutreffende wäre: nun findet man aber den Getreiderost auch dort verbreitet vor, wo keine Berberitzen in der Natur vorkommen. Hier fehlt noch die sichere Erklärung für den Ursprung des Getreiderostes und für seine Erhaltung, und es bleibt hier zu erwägen, ob nicht die keimenden Teleutosporen auf den jungen Getreidepflanzen auch den Rost erzeugen können, ohne Vermittlung der Berberitzenpflanzen, vielleicht in der Weise, dass die Basidiensporen in die jüngsten Gewebe des eben austreibenden Saatgutes einzudringen vermögen. Meine Untersuchungen über das Eindringen der Pilzkeime bei den Brandpilzen nur in die jüngsten Gewebe der Nährpflanzen eröffnen hier neue Aussichten für eine Wiederaufnahme der Untersuchungen nach dieser Richtung.

Bei perennierenden, baumbewohnenden Rostpilzen, die heteröcisch sind, finden wir die stete Wiederbildung derselben Fruchtformen in jedem Jahre wieder. Es erfolgt aber niemals, soweit bis jetzt bekannt, die Ausbildung der ergänzenden Fruchtbildungen an den perennierenden Wirten, wenn die Parasiten hier heteröcisch angepasst sind. Über das Eindringen der Keime in perennierende Pflanzen und in solche Wirte, welche in toto von dem Pilze befallen werden, z. B. dem Pilze der Euphorbia etc., fehlen noch die sicheren Beobachtungen. Im letzten Falle muss entweder eine Infection an den austreibenden Samenkeimlingen oder sogar eine Blüteninfection stattfinden, wenn die Erkrankung der Nährpflanze in allen ihren Teilen eine Erklärung finden soll. Auch hier geben die jetzt bei den Brandpilzen festgestellten Tatsachen die Fingerzeige für die Wiederaufnahme der Untersuchungen bei den Rostpilzen in der angedeuteten Richtung. (Vergl. Brandpilze IV, XIII. Heft d. W.)

Die Kultur der Rostpilze in Nährlösungen habe ich bisher nur gelegentlich versucht und feststellen können, dass die Keimungsversuche bei den Sporen der Pycniden in sehr verdünnten Nährlösungen erfolgreiche sind. Auch bei den Basidiensporen habe ich secundäre und tertiäre Sporenbildung beobachten können; es erreichten aber die Kulturversuche in allen Fällen relativ früh ihren Abschluss, weil die Sporen an den Nährpflanzen frei gebildet werden und stets durch fremde Pilzsporen aus der Luft so weit verunreinigt sind, dass eine

ungestörte Kultur nur für eine kurze Zeit ausführbar werden kann. Ich habe die Kultur der Rostpilze, namentlich auch der Uredo- und Aecidiosporen, in sehr verdünnten Nährlösungen erfolgreich versucht, aber zunächst hinausgeschoben, bis ich, von anderen Arbeiten frei, mich allein dieser Kultur widmen konnte. Leider habe ich inzwischen auch den Gebrauch meines zweiten Auges so weit verloren, dass ich die Versuche nicht mehr selbst weiter führen kann und auf Grund der gegebenen Kulturmethoden Anderen überlassen muss.

Zur Ausführung von Infectionsversuchen mit den Rostpilzen sind die vorstehend hervorgehobenen, biologischen Momente von entscheidender Bedeutung. Versuche mit den Basidiensporen der keimenden Teleutosporen haben zur Voraussetzung, dass die Teleutosporen in keimfähigem Zustande gegeben sind. Für Gymnosporangium ist die Fructification in den gallertigen Fruchtkörpern mit den Teleutosporenanlagen im ersten Frühjahr leicht zu beobachten, ähnlich auch bei Chrysomyxa und Cronartium. Die Basidiensporen werden in den geeigneten Keimstadien in Mengen abgeworfen und können, in Wasser verteilt, durch Aufsprühen mit dem Pulverisator leicht zur Infection für die betreffenden Nährpflanzen verwendet werden. Bei den Teleutosporen, welche in Dauerzuständen an den Nährpflanzen überwintern und welche erst nach den Einflüssen des Winters im Frühjahr zur Auskeimung in Basidien übergehen, muss diese Keimzeit genau festgestellt werden. Die Pflanzenteile mit den anhaftenden Teleutosporen, vorher mit aller Vorsicht von anhängenden Verunreinigungen durch Wasser befreit, werden, vollständig durchfeuchtet, so ausgelegt, dass man die abfallenden Basidiosporen der auskeimenden Teleutosporen in einem Uhrglase in Wasser auffängt und nun alsbald mit dem Pulverisator auf die inzwischen bereit gestellten Nährpflanzen aufspreut. Es ist zutreffend, wenn man dem Wasser, in welchem die abgefallenen Basidiosporen aufgefangen werden, eine sehr geringe Menge von Nährlösung, saurem Pflaumendecoct, zusetzt, um plasmolytische Erscheinungen zu vermeiden und die Keimung der Sporen zu fördern. Die Methode, die Pflanzenteile mit den auskeimenden Teleutosporen über den zu infizierenden Nährpflanzen so aufzuhängen, dass die abfallenden Sporen auf diese niederfallen müssen, hat ihre grossen Mängel darin, dass zu viele Sporen auf eine Stelle niederfallen und dadurch nicht zur Wirkung kommen können.

Es kommt für diese Infection mit Basidiensporen, wenn sie Erfolg haben soll, in erster Linie in Betracht, dass die zu inficierenden, zugehörigen Nähr-

pflanzen im jugendlichen Zustande sich befinden, und dass die direkt durch die Haut eindringenden Infectionskeime nicht in erhärteten und ausgebildeten Geweben der Oberhaut einen zu grossen Widerstand finden. Man kann sich leicht überzeugen, dass die im jugendlichen Zustande inficierten Nährpflanzen leicht und sicher von den Infectionskeimen befallen werden, dass diese aber meist erfolglos bleiben, wenn zu weit ausgebildete und erhärtete Pflanzen zur Infection herangezogen werden.

Bei den Infectionen mit Uredo- und Aecidiosporen, welche nicht fructificativ, sondern vegetativ mit einem Keimschlauche austreiben, liegen die Verhältnisse für die Infection durchaus anders. Diese Sporen sind gross, reich mit Nährstoffen versehen, sie keimen in Wasser unmittelbar zu langen, dicken Keimschläuchen aus, dringen nicht direkt durch die Oberhaut in die Nährpflanzen ein, finden vielmehr ihren Eingang durch die Spaltöffnungen, in welche sie eindringen und von dort aus die unterliegenden Gewebe für ihre weitere Entwicklung befallen. Bei dem Eindringen der Infectionskeime durch die Spaltöffnungen und, nicht durch die Oberhaut, spielt die Erhärtung der Oberhaut, wie sie in älteren Pflanzenteilen eintritt, nicht die gleiche Rolle. Es können also die Infectionskeime hier in ausgebildetere Gewebe eindringen, weil sie ihren Weg durch die gegebenen Öffnungen der Oberhaut, durch die Spaltöffnungen, nehmen. Zur praktischen Ausführung der Infectionsversuche beschränkt man sich hier am besten auf die blosse Verstäubung der Sporen oder ihre Übertragung durch Pinsel auf die Oberfläche der Nährpflanzen, zumal hier ein gewöhnlich ausreichendes Sporenmaterial für die Infection zur Verfügung steht. Man kann auch die Sporen, die nicht so leicht benetzbar sind, in Wasser auffangen, in diesem verteilen und mit dem Pulverisator die Infection durch Aufspreuen in Tröpfchen vornehmen. Es hat dies aber seine Mängel darin, dass das oberflächlich gebildete Sporenmaterial gewöhnlich stark mit fremden Pilzkeimen aus der Luft verunreinigt ist, und dass hierdurch Störungen bei der Infection nicht ausgeschlossen sind. Auch hier ist der Zusatz von sehr geringen Mengen Nährlösung, am besten von saurem Pflaumendecoct, von Vorteil, aber nur in solchen Fällen, wo das Sporenmaterial in besonderer Reinheit gegeben ist, also bei den Aecidiensporen, die in Fruchtkörpern gebildet werden.

Der Erfolg der Infection zeigt sich bei den nicht perennierenden Rostpilzen meist schon nach kurzer Zeit, und zwar unter den Stellen, an welchen die Infection eingetreten ist. An eben diesen Stellen treten die durch rote Farbe auf-

fälligen Fruchtformen der Rostpilze bald in leicht erkennbarer Weise an den Nährpflanzen in die Erscheinung.

Bei den perennierenden Rostpilzformen sind wir bis dahin über die Infection nur mangelhaft oder gar nicht unterrichtet. Schon in dem Material der baumartigen Nährpflanzen, zumeist Nadelhölzern, sind grössere Schwierigkeiten für die Ausführung der Infection und über das örtliche Eindringen der Infectionskeime gegeben, welche wohl nur in junge Pflanzenteile erfolgen dürfte.

An die Formen der Rostpilze mit ihren geteilten Basidien schliessen sich nun die Gallertpilze, die Tremellineen, möglichst nahe und unmittelbar an.[1]) Auch sie besitzen vierteilige Basidien, welche bei Auricularia lang gestreckt, bei den Formen der Tremellineen kurz birnförmig gestaltet sind, mit meist schräg gestellten Querwänden. Es lässt sich aber auch bei den Formen der Tremella leicht beobachten, dass hier längere Formen von Basidien vereinzelt auftreten, in welchen die Querwände mehr oder minder horizontal stehen, wie bei Auricularia. Zwei verschiedene Formtypen von Basidien können hier also nicht vorliegen, sondern nur Variationen einer und derselben Form. Bei den Gallertpilzen werden die Basidien ohne die Chlamydosporen gebildet.

---

[1]) Dass zwischen den Rostpilzen und den Tremellineen verwandtschaftliche Beziehungen bestehen, hat schon Tulasne herausgefühlt. Er hat aber nicht erkannt und angegeben, worin der entscheidende, verwandtschaftliche Charakter zwischen beiden Familien gegeben ist. Ich habe dann erst in meinen vergleichenden Untersuchungen über die höheren Pilze die Klasse der Protobasidiomyceten auf Grund der Protobasidien, also der geteilten Basidien, im VII. Teile d. W. aufgestellt und den gemeinsamen Charakter beider Familien in diesen Basidien und damit ihre Zusammengehörigkeit sicher erwiesen. Man vergleiche hierzu die einzelnen Untersuchungen und die weiteren Ausführungen in dem vorbezeichneten VII. Bande d. W. — Dass noch jetzt von einer Anzahl von Mycologen die veraltete Bezeichnung Promycelien mit Sporidien für die Protobasidien der Uredineen eingesetzt wird, gibt den Beweis, wie schwer richtige Tatsachen ihren Eingang finden. Als ganz besonders unrichtig muss noch die Bezeichnung Uredinales für die Familie der Uredineen hier hervorgehoben werden. Die Uredineen sind nichts, wie eine durch Chlamydosporenbildung ausgezeichnete Familie der Protobasidiomyceten. Sie schliessen sich unmittelbar an die Tremellineen an, bei welchen die Chlamydosporen als wesentlicher Unterschied fehlen. Sie haben gar kein Anrecht, der Chlamydosporen wegen als besondere Klasse aufgeführt zu werden. Wenn dies richtig wäre, könnte man mit dem gleichen Rechte auch die Gattung Nyctalis unter den Agaricineen der Chlamydosporen wegen zu einer besonderen Ordnung erheben, was doch gewiss niemandem in den Sinn kommen wird.

Eine noch durch Spaltung vermehrte Chlamydosporenbildung, welche die Uredineen auszeichnet, gibt es bei den bis jetzt bekannten Formen der Gallertpilze nicht. Die Basidien werden dagegen in Lagern, in Hymenien, gebildet, in Form von oft relativ bestimmt gestalteten Fruchtkörpern, die durch stark abgesonderte Gallerte zu einer einheitlichen Masse vereinigt sind, in der Art, dass in der obersten Schicht dieser gallertartigen Fruchtkörper die Basidien hymenienartig angeordnet sind und mit ihren Sporen bildenden Sterigmen frei durch die Gallerte nach aussen dringen.[1]) Die Gallertpilze bewohnen in den meisten Fällen das Holz oder die Rinde von toten, seltener von lebendigen Holzpflanzen, und nur wenige Formen leben auf der Erde resp. in der Erde und bilden ihre Fruchtkörper oberirdisch aus, z. B. Gyrocephalus. Die Gallertpilze haben für ihre Ausbildung in Fruchtkörpern feuchtes Substrat und feuchte Luft zur Voraussetzung. Sie werden durch Regen begünstigt und durch Trockenheit in ihrer Entwicklung behindert. Wir finden die Fruchtkörper der Gallertpilze vorzugsweise in der kälteren und winterlichen Zeit, wenn es nicht friert, und wenn Regengüsse alle Gegenstände in der Natur durchnässt haben. Es zeigen sich dann diese Gallertpilze in ihrer eigenartigen Schönheit und Farbenpracht fast auf allen toten Ästen, welche auf den Boden niedergefallen sind, oder auch an dem Holze lebendiger Bäume, z. B. des Hollunders und des Ahorns.

Holt man nach längerem Regen die prachtvoll ausgebildeten Fruchtkörper dieser Pilze von ihren Standorten in der Natur, um von ihnen Sporen zu gewinnen, so überzeugt man sich meistens, dass sie nur wenige, mitunter gar keine Sporen abwerfen. Der Grund ist einfach der, dass die Pilze im ersten Regen ihre Fruchtkörper entfalten und dann auch bald ihre Sporen abwerfen. Nach längerer Regendauer sind nun bereits alle Sporen abgeworfen, und es müssen erst die Fruchtkörper von neuem wieder langsam eintrocknen, wenn bei abermaligem Aufweichen von inzwischen neu angelegten Basidien eine erneute Sporenbildung eintreten soll. Ich habe während der Dauer des ganzen Winters dies eigenartige Verhalten der Gallertpilze an ihren Standorten verfolgt und die stete Wiederkehr ihrer Fruchtkörper mit dem Regen an denselben Stellen, an welchen sie bei trocknem Wetter zu unscheinbaren, kleinen Krüstchen eingetrocknet waren, mit Sicherheit beobachten können.

---

[1]) In dem VII. Teile d. W. sind die Basidien und die Fruchtkörper mit den Hymenien der Tremellineen für eine Anzahl charakteristischer Fälle abgebildet und die einschlägige Literatur angegeben.

Um also die Sporen dieser Pilze für erfolgreiche Kulturen zu gewinnen, muss man im ersten Regen die Pilze aufsuchen, sich aber vorher die Standorte genau merken, wo die Fruchtkörper sicher zu finden sind. Diese frisch gequollenen und eingesammelten Fruchtkörper werfen nun aufs reichlichste ihre Sporen ab, die man auf untergelegten, sterilisierten Objektträgern mit der grössten Leichtigkeit völlig rein gewinnen und zur Kultur in Nährlösungen verwenden kann. Ich habe hierbei noch die bemerkenswerte Erfahrung gemacht, dass die trocken eingesammelten Fruchtkörper ihre Lebenskraft und die Fähigkeit, bei erneuter Anfeuchtung Sporen zu bilden, für lange Zeit bewahren können. Man kann die Fruchtkörper der Gallertpilze trocken einsammeln und mehrere Jahre hindurch aufbewahren, um sie dann zu jeder beliebigen Zeit durch geeignete Befeuchtung zum Sporenwerfen resp. zur Kultur heranzuziehen. Es wird mit Hilfe dieser Eigentümlichkeit möglich, die Fruchtkörper von Tremellineen an Stellen zu sammeln, wo man keine Kulturen zu machen imstande ist, ja, man kann sie in fremden Ländern, unter den Tropen, einsammeln, trocken aufbewahren, nach der Heimat zurückbringen und noch nach Ablauf von mehreren Jahren durch erneute Aufquellung in reinem Wasser zur Untersuchung heranziehen. Es ist also gar nicht notwendig, diese heiklen Pilzformen an ihren Standorten und unmittelbar zu untersuchen, man kann die Untersuchung an trocken gesammeltem Material in gut eingerichteten Laboratorien mit Leichtigkeit zu beliebiger Zeit ausführen.

Die grossen Sporen der Gallertpilze keimen unmittelbar und schon in Wasser aus. Sie teilen sich in zwei oder vier Zellen, und an jeder Zelle werden nun bis zur Erschöpfung des Inhaltes Conidien gebildet. Bei Auricularia und bei Exidia sind diese Conidien von minutiöser Kleinheit und fast kreisförmig gewunden, bei der Gattung Ulocolla und Craterocolla sind sie stäbchenförmig, und bei der Tremella werden eiförmige Conidien gebildet, welche sich in Nährlösungen in hefenartiger Sprossung direkt und unmitelbar bis ins Unbegrenzte vermehren, wie wir es bei den Brandpilzen kennen gelernt haben.[1])

[1]) Die von den Basidiensporen der Gattung Tremella in Nährlösung gebildeten Hefeconidien haben aber nicht genau die Form der Basidiensporen, sondern eine etwas veränderte, eiförmige Gestalt. Hierin liegt eine geringe Abweichung von den Hefeconidien der Ustilagineen, welche genau die Form der Conidien der Hemibasidien in der Sprossung beibehalten. Man vergl. die Abbildungen auf den Tafeln des V. und VII. Teiles d. W.

Auch die kleinsten Conidien, welche von den Basidiensporen erzeugt werden, sind keimfähig; sie wachsen, freilich langsam, aber sicher, zu feinfadigen Mycelien aus, welche von Scheidewänden durchsetzt sind. An diesen in Nährlösung gezogenen Mycelien werden die Conidien an besonderen Fäden, an Fruchtträgern, in grossen Massen in derselben Form wieder gebildet, wie wir es an den kurzen Keimschläuchen der Teilzellen der Keimsporen beobachten konnten.[1]) Bei Tremella mesenterica und Tr. lutescens werden die Conidien an besonderen Fäden zwischen den Basidienlagern gebildet. — Bei Craterocolla finden sich sogar pycnidenartige Früchte mit reichlichen Conidienlagern vor.[2])

Andere Fruchtformen, als diese Conidien, treten bei der Kultur dieser Pilze in Nährlösung, die sich auf das leichteste und sicherste durchführen lässt, nicht auf, wohl aber die genannten Formen in reichster und üppigster Entwicklung. Als Nährlösung findet verdünnte Bierwürze, mit etwas Mistdecoct versetzt, die beste Anwendung. So gross auch die Mycelien werden, so reich sie Conidien produzieren, so einseitig bleibt die Entwicklung in der Kultur. Bis zur Bildung von den Fruchtkörpern mit Basidien habe ich sie nicht bringen können, glaube aber, dass es hier nur der längeren Zeit bedarf, um auch dieses Ziel, wie bei Pilacre, zu erreichen.

An die Gallertpilze mit einfachen Hymenien schliessen sich nun noch weitere Formen von Protobasidiomyceten an, welche Hymenien in Stacheln, gleich den Hydneen, bei dem einheimischen Tremellodon, und in Poren, gleich den Polyporeen der Autobasidiomyceten, besitzen.[3]) Nur Fruchtkörper in Hymenien in Blätterform, wie bei den Agaricineen, sind bis jetzt nicht bekannt geworden. Leider keimen die Sporen dieser Formen nicht unmittelbar aus, und es müssen hier noch erst besondere Versuche angestellt werden, um die Keimung der Sporen zu erreichen

---

[1]) Die Untersuchungen über die einzelnen Formen der Tremellaceen haben mich eine lange Reihe von Jahren beschäftigt. Sie sind in dem VII. Teile d. W. mit den erforderlichen Abbildungen niedergelegt und hier die weiteren Einzelheiten einzusehen.

[2]) Die beiden letzten Pilzformen, ebenso auch eine Anzahl anderer Formen der Gallertpilze sind vor mir von Tulasne untersucht. Seine Untersuchungen befinden sich in den Ann. sc. nat.

[3]) Diese meist ausländischen Formen sind von A. Möller in Brasilien aufgefunden und untersucht. Protobasidiomyceten, Untersuchungen aus Brasilien. 1895 bei Gustav Fischer in Jena.

und ihre Kultur in Nährlösungen erfolgreich durchzuführen. Zweifellos werden sich dann noch weitere Formen von Conidien als Nebenfruchtformen bei diesen Pilzen ergeben. Nur bei einer Form mit geschlossenen Fruchtkörpern, welche den Gasteromyceten der Autobasidicomyceten entspricht, bei der wunderschönen Form von Pilacre Petersii, habe ich die Kultur in Nährlösungen in allen Stadien bis zum Endpunkte durchführen können. Der Pilacre, an Buchenrinden in der Zeit des Herbstes verbreiteter als man bisher angenommen hat, bildet gestielte zierliche, köpfchenförmige Fruchtkörper von weiss-grauem Aussehen[1]), bei welchen die bündelweise vereinigten Fäden zu lockenartigen Spitzen auslaufen, welche zu einer Peridie lose zusammenschliessen, während hinter diesen Fadenenden an denselben Fäden unter den Scheidewänden reiche Auszweigungen auftreten, welche zu kurzen vierzelligen Basidien werden, deren Zellen je eine, also vier Sporen erzeugen.[2]) Die Basidiensporen keimen in Nährlösungen nach zwei Tagen sicher aus, bilden Mycelien, auf welchen zunächst Conidienträger zahlreich auftreten, an welchen in apicaler Folge Conidien gebildet werden, welche immer wieder die früher gebildeten zur Seite schieben und so thyrsusartige, mit Conidien reich besetzte, unverzweigte Conidienträger ausbilden. Wenn die Kulturen der Mycelien nur lange genug in Nährlösungen durchgeführt werden, treten nach anderthalb bis zwei Monaten ausser den Conidien auch Pilacre-Fruchtkörper auf. Werden diese Kulturen im grossen auf Sägespänen ausgeführt, welche mit Bierwürze, die einen entsprechenden Zusatz durch Mistdecoct erfahren hat, durchtränkt sind, so treten hier nach mehreren Monaten reichlich Fruchtkörper von Pilacre in die Erscheinung, deren Sporen sofort wieder in Nährlösungen zum Keimen zu bringen sind. —

---

[1]) Die Fruchtkörper von Pilacre sind zuerst von Tulasne beschrieben und abgebildet in den Ann. sc. nat. 5. Série, Tome IV. p. 292—296. Tulasne hat offenbar nur altes Material zur Verfügung gehabt, sonst würde es ihm nicht entgangen sein dass der Pilz viersporige, geteilte Basidien besitzt. Die Abbildungen haben de Bary veranlasst, eine ganz unrichtige, von mir bereits widerlegte Auffassung auszusprechen, wonach dieser Pilz eine Conidienform von Poronia sein sollte.

[2]) Die richtige Untersuchung des Pilacre und seine erfolgreiche Kultur in Nährlösungen befindet sich im VII. Teile d. W. Ich habe sie im Jahre 1886 in Münster ausgeführt.

Dem Pilacre nahe steht die Pilacrella, die Möller[1]) in Brasilien gefunden hat, bei welcher die Peridie nicht zur Ausbildung kommt, bei welcher aber zwei Formen von Conidien durch die Kultur in Nährlösungen nachgewiesen werden konnten.

Weitere Formen von Protobasidiomyceten sind bis jetzt nicht bekannt geworden, werden sich aber noch zahlreich finden, wenn erst das Ausland in seinen Pilzformen näher und ausgiebiger untersucht wird. Soviel lässt sich aber schon jetzt beurteilen, dass in den Formen der Protobasidiomyceten alle die Formtypen wiederkehren, welche wir jetzt bei der grösseren Masse der reich gegliederten und formenreichen, parallelen Klasse der Autobasidiomyceten kennen lernen werden.

III. Autobasidiomyceten. Wie sich die Formen der Protobasidiomyceten mit geteilten, typischen Basidien von den Ustilagieen der Hemibasidii ableiten liessen, ganz ebenso lassen sich nun auch, wie schon früher angeführt wurde, die Formen der Autobasidiomyceten mit ungeteilten Basidien und apical gestellten Sporen von den Tilletieen der Hemibasidii natürlich herleiten. Ihre Formen sind in der Zahl der Sporen auf den Basidien typisch und bestimmt geworden.

Die Autobasidiomyceten beginnen mit Formen, bei welchen die Basidien frei gebildet und nicht zu Hymenien in Fruchtkörpern von bestimmter Gestaltung zusammen geschlossen sind. Diese einfachsten Formen werden zweckmässig als Exobasidii bezeichnet und zusammengefasst.

1. Exobasidii. Die einfachsten Formen unter den Exobasidii, welche ihre Basidien einzeln und frei auf den Mycelien ausbilden, sind selbstverständlich durch Unscheinbarkeit ausgezeichnet, und sie entziehen sich durch den Mangel fruchtkörperartiger Bildungen leicht der Beobachtung. Sie werden erst auffällig in den Formen, bei welchen die Basidien in freien Fruchtlagern zur Ausbildung kommen, welche aber noch keine bestimmten Umrisse und fruchtkörperartige Gestalt annehmen.

Ich habe diese einfachsten Formen unter den Exobasidii in dem 8. Bande d. W. pag. 5—20 als Tomentelleen zusammengefasst. Als die denkbar

---

[1]) Die Pilacrella ist in Brasilien von A. Möller aufgefunden und kultiviert worden. Die näheren Einzelheiten finden sich in der citierten Abhandlung von A. Möller, Protobasidiomyceten, 1895.

einfachste Form dieser Art kann ich jetzt das von mir neu aufgefundene Heptasporium gracile hier in den Vordergrund stellen, welches ich schon vor 15 Jahren erfolgreich kultiviert habe. Es mögen die wichtigsten, hierher gehörigen Tatsachen über diesen Pilz in vorläufiger Mitteilung kurz angeschlossen werden.

Die äusserst zierliche Pilzform trat spontan in den Pilzkulturen von Ascomyceten auf, von welchen die Sporen in Nährlösungen aufgefangen waren. In den betreffenden Kulturen blieben die Ascosporen ungekeimt, aber statt ihrer traten Mycelien in die Erscheinung, welche schon sehr früh an allen Scheidewänden Schnallen zeigten und sich hierdurch als vegetative Bildungen eines Basidiomyceten vermuten liessen. Schon in wenigen Tagen traten an den verschiedenen Stellen der Mycelien kurze Fäden in die Luft, welche direkt zu Basidien wurden, auf deren Spitze simultan meist 7, selten 6 oder 8 kleine, eiförmige Sporen auf feinen Sterigmen am Umfange angelegt wurden. Die Basidienbildung dauerte an den sich vergrössernden Mycelien fort, und diese boten mit ihrer äusserst zierlichen Fructification einen bemerkenswerten Anblick dar. Noch bei keinem Basidiomyceten, deren Formen ich zu hunderten in Objectträgerkulturen erfolgreich kultiviert habe, kam gleich unmittelbar an den noch fortwachsenden Mycelien die Bildung der freien, einzelnen Basidien zur Erscheinung, wie es hier zu beobachten war. Ich habe die Mycelien, die aus ziemlich dicken Hyphen, an jeder Scheidewand eine Schnalle tragend, gebildet wurden, wochenlang fort kultiviert und immer nur in weiterer, peripherischer Anlage die Bildung neuer Basidien verfolgen können. Selbst nach wochenlanger Kultur trat keine dichtere Bildung von Basidien, also ein Zusammenschluss zu Hymenien, ein. Es war nicht schwer, mit einer angefeuchteten, reinen Lanzettennadel aus der Mitte der Mycelien die Sporen von den Basidien abzuheben und in neue Nährlösung zu übertragen. Die Sporen keimten anschwellend sofort zu Keimschläuchen und neuen Mycelien aus, welche sogleich an den Scheidewänden Schnallen erkennen liessen und längstens mit dem dritten Tage neue Basidien ausbildeten. Ich habe die Kulturen des Pilzes unter Zusatz neuer Nährlösungen wochen- und monatelang fortgeführt, ohne an diesen und auch an den weiter fortlaufenden Generationen aus den Basidiensporen etwas anderes beobachten zu können, als die meist siebensporigen Basidien, die nur in einzelnen Fällen einen Rückgang in der Sporenzahl auf sechs oder eine kleine Steigerung auf acht unterscheiden liessen. Der Pilz war zu klein, um ihn mit Erfolg auf festes

Substrat übertragen zu können, und ich habe schliesslich kurz vor meiner Abreise in die Herbstferien die Kulturen unterbrechen müssen, die ich dann bei meiner Rückkehr vergeblich fortzusetzen versuchte.

Der Pilz gehört unzweifelhaft den Basidiomyceten an. Die früh auftretenden Schnallenbildungen an den Scheidewänden der Fäden lassen hierüber keinen Zweifel bestehen. Nach der Sporenbildung, der simultanen Anlage der Sporen auf der Spitze der einzelligen Basidien und der zumeist regelmässig wiederkehrenden Sporenzahl auf dem Träger liegt hier offenbar die Fructification in Basidien vor, und der Pilz muss nach seinen beobachteten, vegetativen und fructificativen Zuständen den Formen der Exobasidii resp. den Tomentelleen mit der Bezeichnung Heptasporium gracile Bref.[1]) zugerechnet werden. — In dem Pilze mit seinen freien, einzeln gebildeten Basidien liegt vielleicht die einfachste Form unter den Autobasidiomyceten vor, welche bisher bekannt geworden ist. Es ist aber wohl sicher anzunehmen, dass noch weitere Formen dieser Art zur Kenntnis gelangen, die sich nur durch ihre Kleinheit der direkten Beobachtung bisher entzogen haben, und die nur dann in die Erscheinung treten, wenn ihre Sporen zufällig in reine Kulturen in Nährlösung gelangt sind.

Microstroma Juglandis, eine parasitisch lebende Form, welche auf den Blättern der Walnussbäume weisse Flecke erzeugt, besitzt schon viersporige Basidien in grösserer Zahl zu losen Bündeln vereinigt, welche aus den Spaltöffnungen hervortreten. Die Basidiensporen keimen in Nährlösungen leicht aus und bilden unmittelbar Hefeconidien in grossen Mengen, welche aber nicht zu Fäden austreiben wollten.[2])

Die Formen der Gattung Hypochnus finden sich überall verbreitet vor. Die Sporen der meisten Formen keimen nicht unmittelbar aus, und wo sie auskeimen, treten Nebenfruchtformen nicht auf. — Auffälliger als die vorgenannten Gattungen kommen die Formen von Tomentella zur Erscheinung. Sie leben im Sommer in feuchten Wäldern auf der Erde, wo sie anfangs weisse, dann gelbbraune, kleine Rasen bilden. Sie fructificieren in vier-

---

[1]) Die ausführliche, von Abbildungen begleitete Mitteilung über Heptasporium gracile kann erst in dem XVI. Teile d. W. erfolgen.

[2]) Die Untersuchungen über Microstroma Juglandis habe ich bis dahin noch nicht veröffentlicht und hier nur vorläufig in kurzer Notiz angegeben; der XVI. Teil d. W. kann erst die näheren Einzelheiten bringen.

sporigen Basidien und in Conidien von fast gleicher Sporenform. Leider versagten die Sporen die Keimung, welche wohl nur erst nach langer Aufbewahrung in feuchtem Sande zu erreichen ist.[1])

Bei der Gattung Exobasidium werden die Basidien schon in ziemlich scharf umschriebenen, weissen Lagern gebildet, welche sich in auffälliger Form auf den Blättern verschiedener Ericaceen abheben. Bei Exobasidium Vaccinii[2]) schwankt die Sporenzahl der Basidien vielfach von 4 bis 6. Die Sporen, rein aufgefangen, keimen in beliebigen Nährlösungen leicht aus und bilden reichlich Conidien von fadenförmiger Länge, welche sich in Generationen weiter kultivieren lassen.[3]) Basidien wurden in den Kulturen nicht ausgebildet.

Das Auftreten von freien Basidien in den Nährlösungen habe ich dagegen auch bei einzelnen Formen der Gattung Corticium feststellen können, welches holzbewohnend schon in fruchtkörperartigen Bildungen in die Erscheinung tritt. Aus den leicht rein aufzufangenden Sporen von einzelnen Corticien lassen sich grosse Mycelien ziehen, welche auch die Bildung von Schnallen an den Scheidewänden zeigen und, ohne Ausbildung von Nebenfruchtformen, anfangs einzeln, dann zahlreicher direkt Basidien ausbilden, wie sie an den Fruchtlagern in der Natur zu finden sind. Man kann die Anlage der einzelnen Basidien auch hier direkt auf den Mycelfäden verfolgen und feststellen, wie sie sich allmählich im Laufe der Kultur durch Basidienanhäufung an einzelnen Stellen zu hymenienähnlichen Bildungen zusammenschliessen.[4])

Den Formen der Exobasidii schliessen sich nun die grossen und reich gegliederten Formen der Basidiomyceten an, bei welchen die Basidien, zu Hymenien zusammengeschlossen, in Fruchtkörpern zur Ausbildung gelangen. Sie beginnen mit den einfacheren noch gymnocarpen Formen, bei welchen die Hymenien frei nach aussen gebildet werden und sich in allmählichen Übergängen steigern zu den höheren angiocarpen Formbildungen in grossen, hoch gegliederten Frucht-

---

[1]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen im VIII. Bande d. W. pag. 5.

[2]) Exobasidium Vaccinii ist von Woronin untersucht und in seiner Abhandlung, Verh. d. naturf. Gesellschaft zu Freiburg, IV. Band, I. Heft, beschrieben worden.

[3]) Die Kultur von Exobasidium habe ich im Anfang der achtziger Jahre des vor. Jahrh. ausgeführt, die Resultate aber erst im VIII. Bande d. W., pag. 12—18 mitgeteilt.

[4]) Ich verweise hier auf die ausführlichen Beschreibungen der erfolgreichen Kulturen namentlich von Corticium-Formen im VIII. Teile d. W. pag. 18.

körpern, bei welchen die Hymenien, mehr oder minder angiocarp angelegt, zu eigenartiger Differenzierung und Gestaltung fortschreiten.

2. Gymnocarpe Autobasidiomyceten. Als einfachste Typen der gymnocarpen Basidiomyceten müssen wir die Formen der Dacryomyceten zunächst anschliessen. Sie besitzen noch bei Dacryomyces die gallertigen Fruchtkörper der Tremellineen, mit welchen sie auch von Tulasne,[1]) der hier die morphologischen Charaktere und Unterschiede noch nicht richtig erkannt hatte, zusammengestellt sind. Die Basidien sind hier meist nur zweisporig auf grossen Sterigmen. Die Sporen teilen sich, selten schon auf den Sterigmen, meist erst bei der Keimung im Wasser in zwei bis viele Zellen.[2]) Jede dieser Zellen bringt Conidien in kleinen Köpfchen hervor. In Nährlösungen werden die Conidienbildungen reicher, und die Zellen der Sporen wachsen zu verzweigten Mycelien aus, welche an allen Stellen wiederum Conidien in Köpfchen erzeugen. Die Conidienbildung ist eine ausserordentlich reiche, und jede der Conidien bildet bei ihrer Keimung wiederum verzweigte, von Scheidewänden durchsetzte Mycelien mit reicher Bildung von Conidien in Köpfchen. Bei der Gattung D. deliquescens werden ausser diesen Conidien auch noch fruchtkörperartige Bildungen von rötlicher Farbe erzeugt, in welchen die dicht gestellten Endfäden sich zergliedern und in oidienartige Fadenstücke zerfallen. Jede dieser Zellen bildet wiederum Conidien in Köpfchen aus und erzeugt auch Mycelien mit Conidien. Die Kultur dieses Pilzes lässt sich in Nährlösungen leicht bis zur Bildung neuer Fruchtanlagen mit Oidien und auch in Basidien durchführen.[3])

---

[1]) Tulasne hat die Gattung Dacryomyces mit den Formen der Tremellineen gemeinsam behandelt in seiner Abhandlung Ann. sc. nat. III. Série, Tome XIX, pag. 211—227.

[2]) Die geteilten Basidiosporen bei den Basidiomyceten kommen hier nur bei den Dacryomyceten der Autobasidiomyceten und den Tremellineen der Protobasidiomyceten vor. Bei den übrigen Formen der beiden Klassen sind sie nicht bekannt. In der homologen Reihe der Ascomyceten finden sich dagegen die Teilungen der Ascosporen bald nach ihrer Bildung häufiger vor. Jedenfalls ist es bemerkenswert, dass unter den Formen der beiden parallelen Reihen, einmal der Basidiomyceten, dann der Ascomyceten, der gleiche Vorgang der Teilung der Sporen wiederkehrt, und dass er weiter auch in der unmittelbaren Erzeugung der Conidien-Fructification an den geteilten Sporen sich fortsetzt. Man vergleiche die Abbildungen zum VII. und zum X. Teile d. W.

[3]) Ich muss hier auf meine ausführlichen Untersuchungen der Formen der Dacryomyceten verweisen, welche im VII. Teile d. W., von zahlreichen Abbildungen begleitet, niedergelegt sind.

Die Formen von Dacryomyces bewohnen die verschiedensten Holzformen und sind im Winter, namentlich an Holzzäunen, nach stattgehabtem Regen überall anzutreffen und durch ihre gelbe bis rötliche Farbe auffällig. Das beim Eintrocknen der Fruchtkörper eingesammelte Material dieser Pilze lässt sich, ähnlich wie die Fruchtkörper der Tremellineen, jahrelang trocken aufbewahren und geht bei jedesmaligem Aufweichen in Wasser leicht und unmittelbar zur Sporenbildung über. Die abgefallenen Sporen lassen sich mit Sicherheit rein auffangen und namentlich in Bierwürze mit etwas Mistdecoct bis zur grössten Üppigkeit kultivieren. Von dem Materiale einer von mir im August in Norwegen gesammelten Dacryomycesform habe ich noch nach dreijähriger, trockener Aufbewahrung mit dem Einweichen in reinem Wasser eine ebenso reiche Sporenbildung mit Conidien beobachten können, wie an dem frischen Materiale. Die Formen der Gattung Calocera[1]) sind weniger gallertig, meist zu hornähnlichen, oft gegabelten Spitzen ausgebildet und erreichen in C. viscosa eine an die Clavarieen erinnernde Form und Verzweigung. Die Sporen teilen sich bei der Keimung gewöhnlich nur in zwei Zellen, bilden aber sonst die gleichen Conidien, wie Dacryomyces.

In der Familie der Clavarieen, welche sich den Dacryomyceten am besten anschliessen lassen, kommen schon grössere Fruchtkörper zur Erscheinung, welche zumeist auf der Erde oder auch an totem Holze im Herbste in der Natur vorkommen. Die Sporen von diesen Clavarieen, welche von ihren frischen, ausgelegten Fruchtkörpern leicht rein aufzufangen sind, lassen sich nur vereinzelt zur unmittelbaren Auskeimung bringen. Sie sind wohl auf bestimmte Zeitfrist in der Keimung angepasst. Auch in zahlreich variierten Nährlösungen mit Zuhülfenahme höherer Temperaturen im Thermostaten gelang die Keimung nur vereinzelt, z. B. bei Cl. contorta, welche aber nur sterile Mycelien ausbildete. Es bleiben hier noch Versuche auf Sporenkeimung nach langer Zeitdauer zu machen übrig, in welcher die Sporen, mit sterilisiertem Glassande gemischt, an feuchter Stelle, wie früher beschrieben, bis zum eventl. Eintritte der Keimung aufbewahrt werden müssen.

---

[1]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen meiner citierten Arbeit in dem VII. Teile d. W.

Nur bei den kleinen Formen von Typhula[1]), welche vielfach Sclerotien, Dauermycelien, besitzen, und allverbreitet an Laubabfällen auf der Erde vorkommen, ist mir die Keimung der Sporen leicht gelungen. Diese lassen sich bei der Auskeimung der Sclerotien von den zierlichen, einfach keulenförmigen, an der Spitze das Hymenium tragenden Fruchtkörpern leicht rein gewinnen. Sie bilden mit der Keimung in Nährlösung Mycelien, an welchen kurze, oft dicht zusammengestellte Auszweigungen sich oidienartig zergliedern.

3. Hemiangiocarpe und angiocarpe Autobasidiomyceten. Erst die Formen der Familie der Thelephoreen zeigen Basidienfruchtkörper in mehr oder minder bestimmter Formbildung. Zu diesem Charakter kommt noch der weitere hinzu, dass die Fruchtkörper schon in den meisten Fällen resupinat sind, das Hymenium auf der unteren Seite ausbilden und hierin die ersten Anfänge der angiocarpen Richtung erkennen lassen, der aber erst in den weiteren und höheren Formen der nächsten Familien zu eigenartig effigurierten Hymenien übergeht, mit gleichzeitig fortschreitendem angiocarpen Charakter der Fruchtkörper.

Die Thelephoreen leben auf totem Holze oder auch auf der Erde. Die holzbewohnenden Formen von Stereum sind leicht zur Kultur heranzuziehen. Die erdbewohnenden Thelephoreen, welche schon zu bestimmteren Fruchtkörpern beträchtlicher Grösse ansteigen, sind in ihren Sporen offenbar angepasst. Die Keimung ist nicht unmittelbar zu erreichen und muss neu versucht werden mit reinem Sporenmaterial, welches in feuchtem Glassande während der Dauer des Winters, vielleicht noch längere Zeit an geeigneter Stelle aufbewahrt wird.

Es tritt schon hier die Eigentümlichkeit hervor, dass die auf dem Boden, also in der Erde lebenden Pilzformen, die auch meist in dem Auftreten ihrer Fruchtkörper an eine bestimmte Jahreszeit gebunden sind, in ihren Sporen nicht unmittelbar zum Keimen gebracht werden können, dass dagegen die holzbewohnenden Formen, am besten in sauren Nährlösungen, leicht und sicher auskeimen.

Erst bei den einfacheren Formen der Familie der Hydneen, wie sie namentlich in der Gattung Phlebia vorliegen, kommt die Bildung der Fructification in Oidien zur auffälligen und charakteristischen Er-

[1]) Die Formen der Gattung Typhula habe ich schon Ende der siebziger Jahre des vor. Jahrh. untersucht und kultiviert. Band III d. W., Tafel VIII.

scheinung. Die baumbewohnenden, nicht grossen Fruchtkörper, welche in den meisten Fällen nur erst unregelmässige Erhabenheiten auf ihrer hymenialen Fläche ausbilden, sind in ihren leicht rein aufzufangenden Sporen in Nährlösungen unschwer und sicher zum Auskeimen zu bringen, und nun zeigt sich an den Auszweigungen der Mycelien der Zerfall der Fäden in centripetaler Richtung, in Oidien, meist schon in den ersten Tagen der Kultur.[1]) Hier wird es klar, dass es sich um eine fructificative Ausbildung in den Mycelfäden handelt, für welche die morphologische Aufklärung in den Mycelzergliederungen gegeben ist, welche wir von Chlamydomucor unter den Mucorineen zum ersten Male beobachten konnten.[2]) Ich habe diese den Basidiomyceten und, wie sich später zeigte, auch den Formen einzelner Ascomyceten eigentümliche Fructification als die Bildung in Oidien bezeichnet, weil wir sie bei dem Pilz der Milch, bei dem Oidium lactis, in schon lange bekannter Form antreffen. Auch für dieses Oidium lactis geben die Oidien bei den höheren Pilzen die biologische Aufklärung. Dasselbe ist offenbar nur als ein Entwicklungsglied einer höheren oder verschiedener, höherer Pilzformen anzusehen, aber darum nicht sicher bestimmbar, weil es nicht gelingen will, aus den Oidien im Wege der Kultur die höhere, zugehörige Fruchtform zu gewinnen. Die Form der Oidien ist in fast allen Fällen eine gleichförmige und übereinstimmende. Nur in der Dicke der Fäden und also auch in den Gliederzellen der Oidien zeigen sich geringe Variationen.

Auch bei Oidien von Phlebien lassen sich aus den einzelnen Oidiengliedern in langen Generationen neue Mycelien mit Oidienbildung heranziehen. Fruchtanlagen von Phlebien mit Basidien sind auf den Mycelien bei der stets wiederholten und reichsten Bildung von Oidien bis dahin nicht zur Ausbildung gekommen. Es ist aber kaum zweifelhaft, dass sie in fortgesetzter Kultur auch auftreten werden.

Für die eigentlichen, charakteristischen Formen der Hydneen mit ihren grossen Fruchtkörpern und Hymenien in Stacheln, die zumeist auf der Erde, aber auch als Holzbewohner auftreten, trifft leider wieder

---

[1]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen aus den Untersuchungen über die Hydneen im VIII. Teile d. W., pag. 22—31.

[2]) Man vergleiche hierzu die schon citierte Abhandlung über Chlamydomucor im VIII. Teile d. W., pag. 212, Tafel VII, Figur 1—11.

dieselbe Erfahrung zu, welche wir schon bei den Clavarieen und Telephoreen feststellen konnten, dass die, von den frischen Fruchtkörpern leicht rein zu gewinnenden Sporen auf Keimung angepasst und wohl erst nach längerer Ruhezeit in feuchtem, reinem Glassande zur Auskeimung zu bringen sind. Hier müssen weitere und erneute Untersuchungen anschliessen. Bei baumbewohnenden Hydneen gelingt die Kultur aus den Hyphen der Fruchtkörper und der Nachweis, dass in den Fäden der Mycelien vereinzelte Chlamydosporen auftreten, wie dies bereits in dem I. Teile d. B. angegeben ist.

Erst bei den Formen der Agaricineen, bei den Blätterpilzen, kommt die eigentliche Masse der sogenannten Hutpilze zur Erscheinung. Die Formen sind ausserordentlich zahlreich, namentlich in unseren Klimaten; sie werden auf Mist, auf gedüngtem Boden, namentlich auch als Erdbewohner angetroffen. Eine nicht geringe Zahl lebt auf Bäumen, auf abgestorbenem Holz von Bäumen oder auch parasitisch, Baumkrankheiten erzeugend.

Von den kleinen, mistbewohnenden Formen der Gattung Coprinus habe ich schon vor 30 Jahren erfolgreiche Kulturen in Nährlösungen und auf Massensubstraten durchgeführt. Die Sporen sind von den kleinen Hüten leicht rein zu gewinnen, da sie ihre Sporen schnell und in kurzer Frist abwerfen. Die aus einzelnen Sporen gezogenen Mycelien, welche an den Scheidewänden Schnallen führen, erzeugen meist eine Oidienfructification an kurzen, oft dicht zusammengestellten Fäden. Die Oidien sind klein und oft keimschwach, lassen sich aber in verdünntem Mistdecoct bei genügender Vorsicht zu neuen Mycelien heranziehen.[1]) Die Anlage der Fruchtkörper erfolgt schon nach einigen Tagen auf den Mycelien, und es ist leicht, mit aller Sicherheit festzustellen, dass ihre Anlage rein vegetativ aus gleichwertigen Fäden erfolgt, welche sich aus Auszweigungen von einzelnen Mycelhyphen in Luft früh bemerkbar machen. Anderweite Beobachtungen, nach welchen die Fruchtkörperanlagen aus einem, von einer kleinen, keimschwachen Oidie befruchteten Initialfaden hervorgehen sollten, konnte ich leicht als unrichtige erweisen; sie sind dann auch nach meinen Untersuchungen von den Autoren, trotzdem schon Bastardbildungen

---

[1]) Auf den drei ersten Tafeln im VIII. Teile d. W. sind die verschiedensten Formen von Oidien bei den Agaricineen abgebildet, ebenso auch schon auf Tafel VIII im III. Teile d. W., auf welche ich nebst zugehörigem Texte hier kurz verweise.

verkündet waren, als irrtümliche zurückgezogen worden.[1]) Der Aufbau der Fruchtkörper einschliesslich der Anlage der Hymenien mit Basidien konnte hier in allen Einzelheiten mit einer Durchsichtigkeit und Klarheit verfolgt werden, die keinen Zweifel bestehen liess, dass es sich schon hier um eine höhere fructificative Bildung in Fruchtkörpern handele, ohne das Auftreten einer Sexualität. Wohl aber ist die Anlage und auch die normale Ausbildung der Fruchtkörper in einzelnen Fällen von der Mitwirkung des Lichtes abhängig.

Bei Coprinus stercorarius bilden sich in genugsam feuchten Substraten von ausgekochtem Pferdemist die Fruchtkörper nicht unmittelbar, sondern mittelbar mit Einschaltung von Sclerotien, von Dauerzuständen, aus den Mycelien aus. Diese Sclerotien, welche in nassen Substraten stets zur Ausbildung gelangen, werden in trockenen Substraten nicht gebildet. Die Fruchtkörper erscheinen direkt auf dem Substrate und erreichen nun meist eine sehr bedeutende Grösse.[2]) Die Sclerotien, auf feuchtem Sande ausgelegt, keimen schon unmittelbar nach ihrer Bildung aus, und man kann feststellen, dass aus jeder nicht zu stark verkorkten Zelle des Sclerotiums die Hyphenverzweigungen zur Fruchtanlage erfolgen. Sie werden zu hunderten auf einmal gebildet, und ihre Anlage wiederholt sich, wenn man sie täglich abwischt, stets von neuem bis zur Erschöpfung der Sclerotien.

Auch von anderen, in meiner früheren Arbeit angeführten, mistbewohnenden Formen von Agaricineen gelingt die Kultur meist mit mehr oder minder reicher Oidienbildung an den Mycelien und dann mit Fruchtkörperanlagen auf diesen ohne alle Schwierigkeit. Die Sporen sind zwar durch ihre verkorkten Membranen widerstandsfähig für lange Zeit ausgerüstet, keimen aber trotzdem in fast allen Fällen in gut hergestelltem Mistdecoct schnell und sicher aus einem Keimporus, der früheren Insertionsstelle der Spore auf dem Sterigma, aus.[3]) Weiter unter-

---

[1]) Die diesbezüglichen Literatur-Angaben finden sich bereits in dem III. Bande d. W. bei den einzelnen Abhandlungen über die Coprinusformen vor.

[2]) Diese hier kurz vermerkten Angaben über die Bildung der Fruchtkörper und der Sclerotien bei Coprinus stercorarius habe ich bisher noch nicht publiciert. Sonst finden sich die weiteren Einzelheiten über den Aufbau der Fruchtkörper von Coprinus in dem bereits citierten III. Teile d. W. mitgeteilt.

[3]) Man vergl. Text und Abbildungen im III. Teile d. W. über die verschiedenen Coprinusformen.

suchte, mistbewohnende Agaricineen sind in dem VIII. Bande meines Werkes näher besprochen. Die Kulturform ist die gleiche, wie bei Coprinus, und in den Resultaten der Kultur zeigen sich geringe Variationen nur darin, dass bald keine, bald eine reiche Oidienfructification eintritt. Als Nährlösung kam entweder Mistdecoct allein oder Bierwürze mit Mistdecoct zur Verwendung.

Von den baumbewohnenden Agaricineen sind namentlich verschiedene Collybien-Formen zur Kultur herangezogen. Als Nährlösung kam hier saures Pflaumendecoct mit einem Zusatze von Mistdecoct zur Verwendung. Sie haben zumeist reiche Oidienbildung an den Mycelien. Mehrere Collybia-Arten bewohnen auch die grossen Fruchtkörper anderer Agaricineen und bilden in diesen Sclerotien aus. Die Sclerotien keimen leicht, und eine Form unter diesen, Collybia racemosa, zeigt eine eigentümliche, bestimmt lokalisierte Auskeimung an der Spitze der lang geformten Sclerotien. Die besonders reiche Oidienbildung bei diesen Formen liess vermuten, dass es gelingen würde, aus den Oidien wiederum Sclerotien zu erzielen. Ich habe Dr. Falck veranlasst, die Untersuchungen im Pflanzenphysiologischen Institut in Breslau nach dieser Richtung weiter durchzuführen, als ich es in meinen früheren Kulturen selbst getan habe, und es gelang, die Bildung der Sclerotien in den verschiedensten Nährsubstraten zu erreichen.[1]) Die bestimmt geformten Sclerotien mit bestimmtem Keimorte erwiesen sich nun als Fruchtkörperanlagen, welche einen Dauerzustand in Sclerotienform durchmachen und an ihrer Spitze bei der Keimung die Ausbildung zunächst des Stieles und dann des Hutes mit dem Hymenium vollenden.

Auch bei anderen, baumbewohnenden Agaricineen, wie z. B. Hypholoma, war die Oidienbildung eine stetige und reiche. Fruchtkörperanlagen liessen sich hier von vornherein, bei der Grösse der Fruchtkörper, in den Kulturen nicht erwarten.

Unter den baumbewohnenden, parasitisch auftretenden Agaricineen ist der Agaricus melleus die auffälligste Erscheinung. Seine Sporen sind von den grossen Fruchtkörpern leicht rein aufzufangen und keimen auf das leichteste in

[1]) Ich verweise hier zunächst auf meine Kulturen von Collybia-Formen und meine begleitenden Abbildungen im VIII. Teile d. W. und im Anschlusse hieran auf die Abhandlung von Dr. R. Falck in den Beiträgen zur Biologie der Pflanzen. Band VIII.

sauren Nährlösungen zu Mycelien aus.[1]) Von diesen Mycelien werden schon nach wenigen Tagen aus vereinigten Fäden die Rhizomorphenstränge in Objectträgerkulturen angelegt, welche sich durch Spitzenwachstum verlängern und in grossen Massen von Nährlösungen oder festen Substraten zu den verzweigten Strangsystemen der Rhizomorphen heranwachsen.[2]) Ich konnte das Eindringen dieser Rhizomorphenstränge in Kiefernwurzeln feststellen und zeigen, dass diese Stränge zwischen Holz und Rinde der Kiefern die Rhizomorpha subcorticalis darstellen, von welcher wiederum die runden, durch die Erde verlaufenden Stränge der Rh. subterranea ausgehen, die wieder in die Kiefernwurzeln eindringen und die bekannten Schädigungen der Nährpflanze hervorbringen.[3]) Die Auskeimung der Rhizomorphen zu den Fruchtkörpern des Agaricus ist von Hartig[4]) beobachtet und auch schon angegeben worden, dass die Fruchtkörperbildung in einem Turnus von einer kurzen Reihe von Jahren besonders reichlich in der Natur auftritt.

Als typische Parasiten auf den grossen Fruchtkörpern der Agaricineengattung Russula auftretend, sind nun noch besonders die Formen von Nyctalis anzuführen. Sie zeigen als neue und auffällige Bildungen die massenhafte Anlage von Chlamydosporen, bald in der oberen Hälfte des Hutes bei N. asterophora, bald in den sämtlichen Flächen des Hymeniums, bei N. parasitica. Diese gelben Sporenlager auf dem Hute von N. asterophora rufen äusserlich die Erscheinung eines Bovistpilzes hervor, an der unteren Seite zeigen sich aber deutlich die noch Sporen werfenden Hymenien des Hutpilzes.

---

[1]) Die vergeblichen Versuche mit der Sporenkeimung des Agaricus melleus in Nährlösungen sind darauf zurückzuführen, dass keine sauren Nährlösungen zur Verwendung kamen. In neutralen Medien habe auch ich die Keimung der Sporen nicht erreichen können. Sie trat aber sofort und allgemein ein, sobald genugsam saures Pflaumendecoct für die Kultur verwendet wurde. Es liegt hier ein besonders bemerkenswerter und leicht demonstrierbarer Fall vor, wie die Keimung der Sporen von der Beschaffenheit der Nährlösung, hier also von dem Säuregehalte derselben beeinflusst wird. Ebenso interessant ist hieran anschliessend das phänomenale Resultat der Kultur, dass schon nach wenigen Tagen die Anlage der Rhizomorphen auf dem Objectträger direkt beobachtet werden kann.

[2]) Die Riesenkulturen in grossen Massen von Nährlösungen in Krystallisierschalen habe ich in meinen Abhandlungen über die Kultur des Agaricus melleus und die Rhizomorphenbildung im Jahre 1877 ausführlich beschrieben im III. Teile d. W.

[3]) Man vergl. hierzu die Abbildungen auf den Tafeln X und XI im III. Teile d. W.

[4]) R. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. 1874.

Die Fruchtkörper von N. parasitica erscheinen knorpelig und braun von den Chlamydosporen, welche hier das ganze Hyphengeflecht des Hutes massenhaft durchsetzen und nur in einzelnen Fällen die Ausbildung des sporentragenden Hymeniums auffinden lassen.[1]) Ich konnte durch Kultur der Basidiensporen leicht die bestehende Controverse zwischen Tulasne und de Bary dahin entscheiden, dass man es in den Chlamydosporen nicht mit einem parasitischen Eindringlinge, sondern mit Bildungen der Nyctalis selbst zu tun hat. An den Mycelien aus den Basidiensporen traten neben reichlicher Bildung von Oidien die Chlamydosporen sehr früh einzeln oder in langen Reihen in den Mycelfäden auf. Wir haben hier also bei den Formen der Agaricineen die Chlamydosporen in zwei Formen, einmal in Oidien und dann in eigentlichen Chlamydosporen. Bei N. asterophora kamen nachträglich auf den Mycelien auch Fruchtkörperanlagen zur Erscheinung, welche aber durch zu reichliche Ausbildung von Chlamydosporen nicht zur Anlage von basidientragenden Hymenien fortschritten. Es ist einer kurzen Notiz wert, dass die eigentlichen Chlamydosporen in Nährlösungen nicht wieder zum Keimen zu bringen waren, dass sie aber sofort auskeimten, wenn sie in das Hutfleisch von Russula-Fruchtkörpern übertragen wurden[2]), welche die Nyctalis als Wirte bewohnt. Kaum an einer anderen Stelle habe ich den Einfluss des Nährsubstrates auf die Auskeimung der Sporen so unmittelbar und in so auffälliger Weise konstatieren können, wie hier bei den Sporen von Nyctalis. Die Kultur der parasitisch lebenden Nyctalis-Formen gelang bei N. asterophora schon in reiner Bierwürze. Bei N. parasitica blieben aber die Kulturen nur kümmerlich, bis ein Auszug von Russula-Fruchtkörpern, die frisch und schnell getrocknet und dann mit kaltem Wasser ausgezogen wurden, mit der Bierwürze zugleich zur Verwendung kam. In dieser Mischung erreichten die Kulturen die grösste Üppigkeit, die auch bis zur Anlage von Fruchtkörpern fortschritt.[3])

---

[1]) Die diesbezüglichen Abbildungen über N. asterophora und N. parasitica mit dem zugehörigen Texte sind in dem VIII. Teile d. W., Tafel V und VI, einzusehen.

[2]) Erfolgreiche Versuche mit Übertragung der Chlamydosporen von Nyctalis auf Russula-Fruchtkörper sind schon von Krombholz mitgeteilt worden. Essbare Schwämme, Heft I, pag. 5.

[3]) Die näheren Einzelheiten finden sich in meiner citierten Abhandlung im VIII. Teile d. W.

Von den übrigen Agaricineen, welche baumbewohnend auftreten, habe ich eine ganze Anzahl kultiviert und hier auch das Auftreten von Oidien an den Mycelien beobachtet.

Die Sporen der baumbewohnenden Formen keimen in sauren Nährlösungen fast sämtlich aus, dagegen versagten die Sporen der erdbewohnenden, in bestimmten Zeiten des Spätsommers und des Herbstes auftretenden Formen der Agaricineen zumeist in den eingeleiteten Keimungsversuchen. Von Amanita- und Russulaformen etc. habe ich keine Sporenkeimung beobachten können und möchte hiernach glauben, dass die Sporen auf Keimzeit angepasst sind, und dass neue Versuche auf Keimung mit rein aufgefangenen, in feuchtem Glassande während der Dauer des Winters aufbewahrten Sporen im Frühjahre Aussicht für erfolgreiche Kulturen bieten werden.

Conidienformen sind bei allen kultivierten Agaricineen nicht beobachtet worden. Nur bei der Gattung Rozites[1]), welche in Brasilien von Schleppameisen gleichsam künstlich auf zusammengetragenen Pflanzenteilen in Nestern unter der Erde kultiviert wird, sind Conidien beobachtet worden, deren Zugehörigkeit aufs höchste wahrscheinlich ist, nicht aber ergänzend durch die Kultur von Rozitessporen erwiesen werden konnte.

Die Formen der Polyporeen sind in unseren Klimaten weniger zahlreich, wie die der Agaricineen. Dafür erreichen aber die Fruchtkörper einzelner Formen, namentlich der Feuerschwämme, eine sehr bedeutende Grösse, sie zeigen die Eigentümlichkeit, dass sie perennierend sind und in jährlichen Perioden an ihrem Umfange neue Hymenienzonen ausbilden. Die Polyporeen sind zumeist baum- oder holzbewohnend. Die geringere Zahl von ihnen kommt auf der Erde vor.

Es ist sehr leicht, die Sporen von frischen Fruchtkörpern rein zu gewinnen und ebenso leicht, die Sporen von den baumbewohnenden Formen in sauren Nährlösungen, am besten saurem Pflaumendecoct mit Mistdecoct, zur erfolgreichen Kultur heranzuziehen. Die kultivierten Formen von Polyporus, deren Mycelien an den Scheidewänden zumeist Schnallen zeigen, bildeten in den kleinen, weissen Formen, welche besonders durch P. vaporarius vertreten sind, grosse, dickfadige Mycelien, welche an Oidien steril blieben, aber bei

---

[1]) Von A. Möller untersucht in den Pilzgärten der Schleppameisen. Jena 1893 bei G. Fischer.

P. vaporarius auf den Mycelien direkt zur Basidienbildung übergingen. Die Bildung der Basidien, anfangs einzeln auf den Mycelfäden, wurde bald so zahlreich, dass geschlossene Hymenien aus den Basidien zustande kamen, auf welchen man durch wallartige Erhebung die Anlage der Poren des Polyporus Schritt für Schritt verfolgen konnte. Ich habe diese, in Kulturen auf Objectträgern künstlich gezogenen Fruchtkörper auf den Tafeln des VII. Bandes m. W., Tafel XI, Figur 21, abgebildet. Die dem P. vaporarius nahe verwandten Formen, welche Basidiensporen von ausserordentlicher Kleinheit ausbilden, habe ich ebenfalls kultiviert, aber die Kulturen nicht bis zur Fructification, auch nicht in Nebenfruchtformen, bringen können. Die kleinen, an Stäbchen der Bakterien erinnernden Sporen schwellen bei der Keimung sehr stark an und bilden dann auffallend dickfadige Mycelien aus. Bei grösseren Polyporeenformen, auch bei den Pilzen des Feuerschwammes, treten hie und da Oidien auf, die aber in anderen Fällen wieder fehlen.[1] Will man von diesen Fruchtkörpern und auch von den Formen von Trametes die Sporen kultivieren, so kann dies nur von frisch gebildeten Hymenien geschehen, und man muss sich in jedem einzelnen Falle sicher darüber orientieren, in welcher Zeit neue Hymenien-Zonen gebildet werden und diese Hymenien ihre Sporen abwerfen. — Sehr zierliche Oidien werden z. B. bei den kleinen P. versicolor und seinen Verwandten gebildet.

Nur bei wenigen Formen von Polyporus, die ich zu der Gattung Oligoporus zusammengefasst habe, treten, ähnlich wie bei Nyctalis unter den Agaricineen, reiche Chlamydosporenbildungen auf. Sie sind von Oligoporus ustilaginoides unter dem Namen Ptychogaster schon von Tulasne[2]) ungenau beschrieben und in ihrem morphologischen Werte nicht erkannt. Die Bildung der Chlamydosporen bei diesem Oligoporus, der in einzelnen Gegenden an alten Bretterzäunen nicht selten ist, ist eine so reichliche und überwiegende, dass nur in besonderen Fällen die Anlage des Hymeniums in Poren beobachtet werden kann. Dies ist von Ludwig[3]) und anderen geschehen, und ich habe mich von der Richtigkeit dieser Beobachtungen überzeugen können.[4]) Bei Oligo-

[1]) Man vergleiche hierzu die einzelnen Abhandlungen über die Formen der Polyporeen im VIII. Teile d. W.

[2]) Tulasne, Ann. sc. nat. 5. Série, Tome IV und Tome XV, Tafel XII, pag. 1—4.

[3]) Ludwig, Zeitschrift für ges. Naturw. 1880, Band 53, pag. 430.

[4]) Die richtigen Abbildungen über die Chlamydosporenbildung bei Ptychogaster finden sich in meiner Abhandlung im VIII. Teile d. W. auf den Tafeln VII und VIII.

porus farinosus werden in kleinen Fruchtkörperanlagen nur Chlamydosporen, in grossen dagegen auch Hymenien angelegt. Es ist hier leicht zu verfolgen, wie die Chlamydosporenbildung bis unter die Hymenien geht und wie die hier farblosen Chlamydosporen sogar in den Basidien selbst zur Anlage kommen. Wenn die Hymenienbildung ganz ausbliebe und nur noch Chlamydosporen zur Ausbildung gelangten, würde man über die morphologische Beurteilung dieser Bildungen im Unklaren bleiben müssen, wie es z. Z. noch für Oligoporus rubescens zutrifft.[1])

Nur bei wenigen Formen der Polyporeen ist es mir im Wege der Kultur gelungen, eine Conidienbildung zu beobachten. Bei Polyporus destructor werden Mycelien ausgebildet, an welchen man eine Conidienbildung im Verlaufe der Fäden in Einzelstellung auf langen Sterigmen beobachten kann. Neben den Conidien werden auch Chlamydosporen in den Fäden gebildet. Die Conidien und Chlamydosporen sind keimfähig und erzeugen wieder von neuem in der gleichen Art fructificierende Mycelien.[2]) — Bei P. annosus, den ich wegen seiner schönen Conidienbildung mit dem Namen Heterobasidion annosum bezeichnet habe, werden prachtvolle Conidienträger gebildet, welche auf ihren köpfchenförmigen Anschwellungen simultan eine grosse Menge von Conidien auf längeren Sterigmen ausbilden. Die Ableitung dieser Conidien, die bis dahin ganz unbekannt geblieben sind, wurde mit unwiderleglicher Sicherheit aus der Kultur einzelner Sporen verfolgt. Auf den auch hier schnallenlosen Mycelien, welche nachträglich auf sterilisiertem Brote in Riesenmassen ein ganzes Jahr hindurch fort kultiviert wurden, war die Bildung der farblosen Conidienträger eine überaus üppige. Es bildeten sich sogar Coremienformen von Conidienträgern aus, wie sie in den Zeichnungen des 8. Heftes, Tafel XI, 24. u. 26. Figur wiedergegeben sind. In der Zahl der Conidien gingen diese Conidienträger auch auf die Vierzahl zurück und wurden hierin den viersporigen Basidien ähnlich. So üppig aber auch die Kulturen auf Brot wurden und so lange die Kulturen fortgesetzt werden konnten, zeigte sich gleichwohl keine Hymenienbildung mit Basidien. Ich zweifle aber nicht, dass

---

[1]) Man vergleiche Text und Abbildungen in der citierten Abhandlung des VIII. Teiles d. W.

[2]) Die Untersuchungen von Polyporus destructor habe ich noch nicht publiciert, die Resultate sind hier nur vorläufig kurz angeführt.

auch diese erreicht werden kann, wenn die Kultur wiederholt wird auf einem Substrat von Sägespänen der Fichte, welche mit saurem Pflaumendecoct oder mit saurer Bierwürze durchtränkt sind. Heterobasidion ist ein gefährlicher Parasit namentlich an Fichten, weniger an Laubhölzern. Ebenso erzeugt Trametes pini im Kernholz der Kiefer die Rotfäule.

Die Formen von Irpex schliessen sich den Polyporeen nur lose an. Ihr Hymenium hat keine Poren, sondern labyrinthartig zu einander verlaufende Leisten. Von Irpex obliquus und Irp. parodoxus habe ich Kulturen ausgeführt und hier die reichliche Bildung von Oidien festgestellt. — Bei einer neuen Irpexform, welche ich auf den Wurzeln der Ulmen an den Promenadenbäumen von Münster häufig fand, konnte ich die massenhafte Bildung von farblosen Chlamydosporen in allen Teilen des Fruchtkörpers bis in das Hymenium hinein sicher verfolgen. Die in einzelnen Fällen ziemlich grossen Fruchtkörper waren förmlich schwer von der Masse der gebildeten Chlamydosporen. Die Hymenien bildeten, wenn auch nicht reichlich, doch noch Basidien mit Sporen aus, und aus diesen Sporen habe ich Mycelien mit reicher Chlamydosporenbildung wieder gezogen. Es ist berechtigt, diese bisher nicht beschriebene Form nach ihrer reichen Chlamydosporenbildung von der Gattung Irpex abzutrennen und sie als Irpicium ulmicola zu bezeichnen. Eine ausführliche Mitteilung über diese bemerkenswerte Pilzform habe ich in Vorbereitung für den XVI. Band d. W.

An dieser Stelle will ich kurz die Gattung Fistulina einschalten, welche in grossen, fleischfarbigen, stiellosen Fruchtkörpern an Eichen auftritt. Das Hymenium wird hier in freien Röhren ausgebildet, und in dem Fleische des konsolenartigen Fruchtkörpers findet man mehr oder minder reichlich eine Chlamydosporenbildung vor. Kleinere Fruchtkörper ohne Hymenien zeigen im Inneren ausschliesslich Massenanlagen von Chlamydosporen. In den Mycelien des Pilzes werden schon früh dieselben Chlamydosporen an den einzelnen Fäden, oft reihenförmig hinter einander, angelegt, wie sie in jungen Fruchtkörperanlagen stets zu finden sind. Die Zugehörigkeit der Chlamydosporen zu dem Pilze ist hiermit sicher erwiesen. Diese Chlamydosporenbildung ist demnach in jungen Fruchtanlagen bei Fistulina vorherrschend und wird erst nachträglich mit der Anlage der Hymenien zurückgedrängt. Wenn die Hymenien nicht zustandehommen, bestehen die jungen Fruchtkörperanlagen ausschliesslich aus der Masse der Chlamydosporen. Vergl. Heft 8, Tafel VIII, Figur 35 und 36.

Ohne systematische Verbindung zu Fistulina mag hier die Gattung Solenia noch kurz angeführt sein. Sie zeigt in ihren Fruchtkörpern zusammengestellte Röhren, in welchen das Hymenium zur Ausbildung kommt. Diese werden einzeln auf den Mycelien ohne Fruchtkörper angelegt und können erst nachträglich fruchtkörperartig zusammenschliessen. Äusserlich wird hierdurch die Gattung den Formen der Polyporeen ähnlich, nach der fruchtkörperartigen Anlage der einzelnen Röhren, direkt auf den Mycelien, schliesst sich die Gattung eher den Telephoreen an. Die Reinkultur der Sporen des baumbewohnenden Pilzes gelang leicht, und die Kulturen erreichten in der leicht übersichtlichen Anlage und in der Ausbildung der einzelnen, röhrenartigen Fruchtkörper, die nachträglich zusammenschliessen, einen vollkommenen Abschluss. Nebenfruchtformen kamen nicht zur Erscheinung.[1])

Unter den Formen von Merulius, bei welchen die Hymenien nur geringe, wabenartige Erhebungen zeigen, habe ich M. tremellosus, M. corium und M. fugax untersucht und ebenso auch M. lacrymans, und an den besonders reich mit Schnallen versehenen Mycelien keine fructificative Bildungen beobachten können. Unter diesen Formen ist der M. lacrymans als der bekannte, holzzerstörende Hausschwamm besonders berüchtigt und gefürchtet. Die Sporen keimen in sauren Nährlösungen auf das Leichteste aus, die Mycelien bleiben steril an Nebenfruchtformen, und es ist Dr. Falck gelungen, aus diesen Mycelien, welche auf Holz übertragen wurden, wiederum in Sporen fructificierende Fruchtkörper von Merulius zu kultivieren. Eine nahe verwandte Pilzform ist auch baumbewohnend im Freien angetroffen. Die Annahme, dass diese schon im Freien befallenen Holzformen die Entwicklung des Hausschwammes in verbautem Holze herbeiführen, ist nach den bisherigen Frfahrungen nicht bestätigt worden. Dagegen dürfte die Ansteckung des toten Holzes durch die Sporen der Fruchtkörper von M. lacrymans im Inneren der Häuser für die Entwicklung des Pilzes in erster Linie in Betracht kommen.[2])

---

[1]) Man vergleiche die Beschreibung und die zugehörigen Abbildungen von Solenia im VII. Teile d. W. Tafel XI, Figur 21.

[2]) Ich nehme hier Bezug auf die neuesten Untersuchungen über den Hausschwamm von R. Falck aus dem Pflanzen-Physiologischen Institut in Breslau, welche im letzten Jahre nur kurz und vorläufig veröffentlicht sind. — Inzwischen sind die Hausschwammforschungen von A. Möller erschienen, Verlag von Gustav Fischer in Jena 1907, worin auch die Untersuchungen von R. Falck über den Hausschwamm ausführlicher mitgeteilt sind.

Die holzbewohnenden Formen von Lenzites und von Daedalea, die nach der Ausbildung ihrer Hymenien eine Mittelstellung zwischen Agaricineen und Polyporeen einnehmen, wurden aus den Basidiensporen kultiviert, bildeten grosse Mycelien, bald mit, bald ohne Oidien, aus.

Es ist anzunehmen, dass die Kultur der baumbewohnenden Polyporeen in sauren Nährlösungen allgemein gelingen wird, wenn sie nach den hier gegebenen Vorbildern richtig eingeleitet wird. Die Kulturen werden wahrscheinlich eine Erweiterung der jetzt vorliegenden Tatsachen, vielleicht auch noch neue Resultate ergeben. Von den erdbewohnenden Polyporeen waren die Kulturversuche meist ergebnislos. Die Sporen, z. B. von der formenreichen Gattung Boletus, erwiesen sich als nicht keimfähig. Sie sind wahrscheinlich angepasst und werden nach längerem Aufenthalte in sterilisiertem Glassande auskeimen und stellen weitere Resultate in Aussicht. — Von den Gastromycetenformen, die zu einem Teile unterirdisch leben, gilt das Gleiche. Die Sporen müssen erst nach der angegebenen Methodik keimfähig gemacht werden, wenn die Kulturen dieser Pilze Erfolg haben sollen. Hier liegt ein weites Gebiet noch unerschlossen für zukünftige Forschung vor. Man weiss von der Biologie dieser Pilze fast nichts, trotz der so auffälligen, oft grossartigen Erscheinung der Fruchtkörper.[1]) — Bei dem grossen Phallus blieben Mycelkulturen steril an Nebenfruchtformen, ebenso auch Kulturen aus den Fäden junger Fruchtkörper von Lycoperdon. Nur bei den Nidularieen gelangen

[1]) Wir sind hier zur Zeit nicht bloss in Unkenntnis über die Keimung der Sporen und über ihre Keimdauer in und unter der Erde, wir haben auch ebenso von dem vegetativen Leben, von der Verbreitung und der Erhaltung der Mycelien in der Erde, von der Zeit und der Periode ihrer üppigsten Entwicklung, welche doch der Fructification vorangehen muss, noch nicht einmal die Initialen einer Erkenntnis. Die Mycelien dieser Pilze sind, wenn sie nicht in grossen Strängen auftreten, der Beobachtung in der Erde unzugänglich und kommen nur gelegentlich in Form von ectotrophen oder endotrophen Mycorrhizen an Baumwurzeln oder an humusbewohnenden Pflanzen zur Erscheinung, von welchen aber bis jetzt weitere Aufklärungen nicht abzuleiten waren. Wenn wir die riesenmässigen Fruchtkörper von den Boleten unter den Polyporeen, von Lactarien und von Russula etc. unter den Agaricineen, von Lycoperdon, unter den Gastromyceten Bovista, Giasta, Battarea etc. schnell, fast plötzlich in die Erscheinung treten sehen, wird uns die Lücke in der noch zu ergänzenden Hälfte der Biologie dieser grossen Pilze, in ihren vegetativen Zuständen, in ihrer Verbreitung und Ernährung im Boden, in drastischer Weise geradezu als eine gähnende Leere zum Bewusstsein geführt.

die Sporenkulturen bei Crucibulum und bei Cyathus. Die Basidiensporen, von der Wärme des Thermostaten unterstützt, keimten in sauren Pflaumenauszügen mit Mistdecoct reich aus und bildeten grosse Mycelien mit Oidienfructification an den einzelnen Fäden.[1])

Halten wir einen Rückblick über die gesamten Formen der Hemibasidii und der von diesen abgeleiteten Formen der Protobasidiomyceten einerseits und der Autobasidiomyceten andererseits, so zeigt es sich, dass hier in der Conidienfructification, welche sich einfach und natürlich an die Conidienbildungen der isogam differenzierten, terrestrisch angepassten Phycomyceten resp. der Zygomyceten anschliesst, eine fortschreitende Steigerung in der Form bis zu der regelmässigen Bildung in Basidien mit bestimmter Gliederung und Sporenzahl eingetreten ist. Zugleich mit dieser Formsteigerung in der Fructification zu Basidien vollzieht sich in allen Abstufungen die Ausbildung zu Basidienfruchtkörpern, welche in den Formen der Hydneen, Polyporeen und Agaricineen die verschiedenen Endpunkte in der morphologischen Differenzierung der höchsten Pilzformen erreichen. Es ist bemerkenswert, dass diese charakteristische Ausbildung der Hymenien in Stacheln, in Poren und in Blättern in der gleichen Art bei den Formen der Proto- und der Autobasidiomyceten wiederkehrt. Offenbar wird in dieser Formausbildung der Hymenien die möglichste Verbreiterung der hymenialen Flächen mit den Basidien auf gegebenem, beschränktem Raume in der einfachsten Art erreicht. Es kann aus diesem Grunde nur natürlich erscheinen, dass dieselben Formausbildungen in den Hymenien in Stacheln, Poren etc. bei den beiden parallelen Reihen der Proto- und der Autobasidiomyceten unabhängig von einander aufgetreten sind, und dass sie mit geringen Variationen bei beiden wiederkehren.

Neben der Fructification in Basidien finden sich nun noch Nebenfruchtformen in einfachen Conidien, welche direkt von der Basidienfructification sich ableiten lassen. Ausser den Basidien und einfachen Conidienformen haben wir aber noch bei den Hemibasidii typisch und ebenso bei den

[1]) Meine schon Ende der siebziger Jahre des vor. Jahrh. ausgeführten Untersuchungen über die Nidularieen finden sich im III. Teile d. W., pag. 175—180.

Uredineen unter den Protobasidiomyceten vorherrschend die Ausbildung von Chlamydosporen bald in einer, bald in mehreren Formen. Bei den Autobasidiomyceten ist die Chlamydosporenbildung in Oidien vorherrschend, in eigentlichen Chlamydosporen aber eine vereinzelte und nur auf wenige Formen beschränkte.

Die sämtlichen Fruchtformen, welche wir in dem Entwicklungsgange dieser Pilze neben der Basidie als höchste Fructification antreffen, werden ungeschlechtlich gebildet. In dem gesamten Entwicklungsgange, der bei den einzelnen Formen bis in alle Einzelheiten leicht und übersichtlich zu verfolgen ist, tritt eine Geschlechtlichkeit nicht in die Erscheinung.

Schon bei den isogam differenzierten Pilzformen kam die Geschlechtlichkeit zumeist nur vereinzelt und ergänzend zur Geltung, und zwar in der Ausbildung von Zygoten, welche den Dauerzustand dieser Pilze ganz besonders repräsentieren. Mit fortschreitender, terrestrischer Ausbildung fanden wir aber schon bei diesen Pilzen die Sporen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung für die natürliche Verbreitung in der Luft nach ihrer Kleinheit angepasst und damit zugleich mit dicken Membranen für lange Keimdauer ausgerüstet. Als erhaltendes, für den Dauerzustand besonders bestimmtes Glied in der Entwicklung dieser Pilzformen sind demnach die Zygoten nicht mehr allein anzusehen; die ungeschlechtlichen Sporen selbst sind, den Zygoten biologisch gleich, für Dauerzustände ausgerüstet und für die Erhaltung des Pilzes ebenso gut, vielleicht noch besser, angepasst.

Die terrestrische Ausbildung bei den isogam differenzierten Phycomyceten resp. Zygomyceten treffen wir nun nach der Richtung der Hemibasidii und der eigentlichen Basidiomyceten in unverkennbarem Fortschritte dahin gesteigert an, dass die Geschlechtlichkeit und die Ausbildung geschlechtlich erzeugter Zygoten nicht mehr in die Erscheinung treten, und dass ihr Ersatz in biologischer Beziehung für die Erhaltung und zugleich für die Verbreitung der Form von der ungeschlechtlichen Sporenfructification allein übernommen ist. Wir finden es, wenn wir im Verlaufe der Kultur und ihrer Ergebnisse immer wieder nur auf ungeschlechtliche Bildung stossen, nicht mehr unnatürlich, dass die Geschlechtlichkeit fehlt, und dass die ungeschlechtlichen Fruchtformen schliesslich die alleinige, für die

Erhaltung und für die Verbreitung der Pilze ausreichende Fructification geworden sind. Die Geschlechtlichkeit und die mit ihr zusammenhängenden Fruchtformen sind in Wegfall gekommen, zugunsten der alleinigen Fructification in ungeschlechtlichen Fruchtformen, die sich nun, den biologischen Bedürfnissen für die ausgiebige Verbreitung der Sporen entsprechend, durch Spaltung in ihrer Zahl vermehrt haben und die sich weiterhin in eigenartiger Differenzierung und Formsteigerung von dem einfachen und unregelmässigen Conidienträger zur typisch gestalteten Basidie in allmählichem Übergange erhoben haben.

Es kann indes nur natürlich erscheinen, dass man im Anschluss an die bei den Stammformen der Algen, und der algenähnlichen Pilze, bestehende und hier sicher nachgewiesene Geschlechtlichkeit nun auch bei den verschiedenen Formen der höheren Pilze eine Sexualität voraussetzte und nach einer solchen mit allem Eifer suchte. Hier neue Sexualitäten zu entdecken, war das Ziel der damaligen Forschung. So fest war der Glaube an hier bestehende Sexualitäten, dass man sich, bei negativem und unzureichendem Ausgange der Beobachtungen, dazu verleiten liess, Sexualitäten zu construieren, die gar nicht bestehen, und die vor einer sorgfältigen und kritischen Untersuchung nicht standhalten konnten.

So ist bei den Hemibasidii, den Brandpilzen, die Sexualität construiert worden aus der Fusionierung von Conidien, welche von den Hemibasidien erzeugt werden. Ich konnte nachweisen, dass diese vermeintlichen Copulationen von Conidien, bei welchen die Zellkerne sich nicht beteiligen, nichts sind als blosse Fusionierungen, deren Endeffect darin besteht, dass zwei fusionierte Conidien einen etwas längeren Keimschlauch bilden, wie einzelne Conidien allein.[1]) Die Conidien sind keine geschlechtlich differenzierten Sporen, ihre weitere Entwicklung ist nicht abhängig von einem Befruchtungsvorgange, sondern allein von der Ernährung resp. der Nährlösung, in welcher sie vegetieren. Die Fusionierung zwischen den Conidien ist gleich der allgemein bei

[1]) Die vermeintlichen Copulationen bei den Formen der Brandpilze in der Fusionierung von zwei Conidien sind in dem V. und in dem XII. Teile d. W. (Brandpilze I und II) ausführlich besprochen, ebenso auch die Auskeimung der fusionierten Conidien zu längeren Keimschläuchen, worauf ich hier kurz hinweisen kann.

den höheren Pilzen vorkommenden Fusionierung und Schnallenbildung der Mycelfäden nur eine nebenläufige, vegetative Erscheinung, die mit Sexualität nichts zu tun hat.[1])

Bei den Uredineen unter den Protobasidiomyceten sollten die keimschwachen, kleinen Conidien in Pycniden sexuell differenziert und gleich den Spermatozoiden männliche Geschlechtszellen sein. Ich konnte im Verein mit Dr. von Tavel nachweisen, dass sie einfache Conidien sind, welche, wie alle anderen ungeschlechtlichen Conidien, in Nährlösungen zu Mycelien auskeimen.[2]) Für die männlich abgestempelten Conidien ist ausserdem die ergänzende edle Weiblichkeit bis dahin nicht aufzufinden gewesen. — Bei den verschiedenen Formen der Tremellineen fand ich die den Spermatien der Uredineen homologen Conidien in reicher Bildung von minutiöser Kleinheit vor, welche sämtlich als keimfähig sich erwiesen und neue, wieder fructificierende Mycelien erzeugten, wie bereits bei den einzelnen Formen der Tremellineen im VII. Teile d. W. angegeben ist.

Bei den Autobasidiomyceten konnte ich, nach den schon früher ausgeführten Einzelheiten, den Aufbau der Fruchtkörper in Basidien in allen einzelnen Stadien verfolgen und nachweisen, dass sie aus gleichen vegetativen Fäden angelegt und aufgebaut werden. Schon hierdurch war der sichere Nachweis geführt, dass die Fruchtkörper in Basidien in ihrer ersten Anlage ungeschlechtlich und in ihrer späteren Sporenfructification ebenfalls ungeschlechtlicher Natur sind. — Eine für die erste Anlage dieser Fruchtkörper auch hier construierte Sexualität, nach welcher keimschwache Oidien bei Coprinus einen weiblich beurteilten Initialfaden befruchten und hierdurch die Ausbildung der Fruchtkörper erzeugen sollten, war hier doch ganz von selbst in den Scat gelegt, und ihre Entdecker gaben nachträglich selbst die schon geschlechtlich

---

[1]) Die Auffassung von de Bary, nach welcher die Fusionierung der Conidien bei den Ustilagineen ein Geschlechtsakt und hiernach die Ustilagineen isogam differenzierte, geschlechtliche Pilzformen sein sollten, hat sich als eine vollständig irrtümliche erwiesen.

[2]) Man vergleiche hierzu die Abhandlung im IX. Teile d. W. „Die Spermatien und ihre Kultur in Nährlösungen" pag. 25—55; weitergehende Keimungsversuche mit den Spermatien habe ich dann in den nächsten Jahren erfolgreich allein ausgeführt.

erzeugten Bastarde stiefväterlich wieder preis zugunsten einer neutralen Bildung.[1])

Die sämtlichen, vorstehend angeführten nur construierten, in der Wirklichkeit nicht bestehenden Sexualitäten nach der einen Richtung der höheren Pilze, in welcher die Conidie in ihrer allmählichen Formsteigerung zur Basidie den Charakter der Formbildung gibt, sind hiermit zu einer humoristischen Erinnerung eingeengt. Die Geschlechtslosigkeit bei den Formen dieser einen Hauptrichtung der höheren Pilze ist also über jeden Zweifel hinaus erwiesen.

Nur noch eines, in der allerneuesten Zeit aufgefundenen, sexuell gedeuteten Vorganges, dessen Einfachheit und Gleichförmigkeit alles hinter sich lässt, was bis jetzt auf dem Gebiete der Sexualität entdeckt worden ist, muss hier noch besonders gedacht werden. Bei der Keimung der Chlamydosporen, der Hemibasidii und der Uredineen, bei der Anlage der einzelnen Basidie der Proto- und der Autobasidiomyceten ist in der Mutterzelle die Teilung eines Zellkernes beobachtet worden, der bald nach vollzogener Tat zu einer Wiedervereinigung der beiden Tochterkerne übergeht. Dieser Vorgang der Karyogamie in ein und derselben Zelle, gleichsam intracellular sich vollziehend, ist von Dangeard als Sexualität und als ein Befruchtungsvorgang beurteilt worden, der sich in nahezu unveränderter Gleichmässigkeit von den Formen der Hemibasidii bis zu den höchsten Formen der Basidiomyceten in jeder Basidie vollziehen soll.[2]) — Wir können diese neue Lehre der Sexualität ohne weitere Besprechung

---

[1]) Die hier angezogenen Entdeckungen über die Sexualität der Autobasidiomyceten von Rees und von van Tieghem sind ausführlich behandelt in dem III. Teile d. W. pag. 39 und 102, worauf ich kurz verweisen kann. — Es verdient noch, hier angemerkt zu werden, dass die vermeintlichen Entdeckungen über eine Sexualität bei der Anlage der Basidienfruchtkörper von Coprinus unter den Autobasidiomyceten in der damaligen Zeit 1875 ein ebenso grosses Aufsehen erregten, wie die jetzt vorliegenden Mitteilungen bei der Anlage der Ascenfrüchte von Pyronema und Erysiphe, welche nachweislich ebenso irrtümliche sind, wie sie bei den Basidiomyceten erwiesen werden konnten.

[2]) Diese neue Entdeckung der Sexualität bei den höheren Pilzen hat Dangeard Veranlassung gegeben, eine Zeitschrift zu gründen, „Le Botaniste", in deren Abhandlungen die verschiedenen höheren Pilzformen in ihren neuesten sexuellen Leistungen der Reihe nach vorgeführt werden.

an dieser Stelle mit der vorläufigen Beurteilung abschliessen, dass, wenn die Beobachtungen richtige und allgemein gültige sind, hier eine Tatsache vorliegt, welche zu dem eigentlichen Charakter der Hemibasidii und der Basidiomyceten in der zur Regelmässigkeit fortschreitenden Basidie einen bemerkenswerten Beitrag abgibt.[1]) Ich komme am Schlusse der Ascomycetenreihe auf die Karyogamie noch einmal und ausführlicher zurück.

Noch ehe der Druck des Manuscripts bis zu dieser Stelle gekommen ist, habe ich eine Abhandlung von A. H. Christman (Transactions of the Wisconsin Academy) erhalten, in welcher der Autor ausführt, dass die Uredosporen der Uredineen aus der Verschmelzung von zwei Primordien geschlechtlich erzeugt werden sollen. Hiermit würden für die Familie der Uredineen allein drei Formen von Sexualitäten aufgedeckt sein: erstens die Spermatien-Sexualität von Tulasne für die Aecidienfrüchte, dann zweitens die Zellkernverschmelzung Dangeards in den Teleutosporen, drittens die geschlechtliche Bildung der Uredosporen aus der Verschmelzung von zwei Primordien nach Christman. Jede der drei Chlamydosporenformen der Uredineen hätte hiernach ihre eigene und besondere Sexualität erhalten. Wenn wir nun erwägen, dass diese drei Sexualitäten nur für eine dreifach gespaltene Nebenfruchtform in Chlamydosporen bei den Rostpilzen allein in Betracht kommen, und dass diese Nebenfruchtform schon bei der nächstverwandten Familie der Tremellineen gar nicht existiert, so bedarf die Wertschätzung dieser drei Sexualitäten, welche allein für eine einzige Familie in der Conidienreihe der höheren Pilze aufgestellt sind, keiner weiteren Erörterung. Sie kann nur als ein Wahrzeichen gelten, zu welchen Ergebnissen die Forschungsrichtung der Neuzeit auf dem Gebiete der Sexualität geführt hat.

---

[1]) Da die Teilung und Wiederverschmelzung des Zellkernes sich den Angaben nach schon bei der Anlage der Chlamydosporen der Hemibasidii vollzieht, so folgt hieraus, dass dieser Vorgang mit der Bildung der typischen Basidie gar nichts zu tun haben kann. Die Bildung der Hemibasidien erfolgt ja, wie wir gesehen haben, noch innerhalb der Formenreihe der Ustilagieen, bei U. longissima, U. bromivora und den übrigen Formen der Gattung Ustilago, ebenso auch in Neovossia bei den Tilletieen, und wenn hier schon, ehe die Hemibasidie ausgebildet ist, diese intracellulare Kernteilung und Wiederverschmelzung eintritt, so kann sie als Sexualität, welche mit der Bildung der typischen Basidie ursächliche Beziehungen hat, gar nicht in Betracht kommen. Die richtige Wertschätzung des Vorganges, der, bemerkenswert genug, auch bei der Anlage der Ascen in der Ascomycetenreihe in der gleichen Art sich vollzieht, bleibt vorläufig noch ungeklärt.

In der bisher betrachteten Formenreihe der höheren Pilze, in den Hemibasidii und den von diesen abgeleiteten Formen der Proto- und der Autobasidiomyceten, konnten wir die Formsteigerung der schon terrestrisch angepassten und ausgebildeten Conidienform bei den isogam differenzierten Pilzen nach Richtung der bestimmt und typisch gestalteten Basidien verfolgen, in welchen die höchste Fruchtform bei den Basidiomyceten zum Ausdrucke kommt.

Neben dieser Conidien- resp. Basidienreihe lässt sich nun die *zweite Formbildung* der höheren Pilze, von den Sporangien ausgehend, nach den Hemiasci und nach den Ascomyceten unabhängig verfolgen, bei welcher das Sporangium die Formsteigerung zu grösserer Regelmässigkeit bis zur typischen Gestaltung des Ascus der Ascomyceten erfahren hat.

Die schon terrestrisch angepassten Sporangienträger der isogamen, niederen Pilze schreiten hier allmählich zu dem bestimmt gestalteten Ascus mit bestimmter Sporenzahl fort; in den Formen der *Hemiasci* ist, homolog den Hemibasidii in der Conidienreihe, der natürliche Übergang zu den eigentlichen und höchsten Formen der *Ascomyceten* gegeben.[1]). Wir können unsere Betrachtung der Form der Hemiasci an dieser Stelle auf die wichtigsten ihrer Repräsentanten beschränken, in welchen der hemiasce Charakter der Sporangien, welche auf gegliederten Mycelien gebildet werden, zu besonders klarem und überzeugendem Ausdrucke kommt.

1. Hemiasci. Die Hemiasci wurden in früherer Zeit, ehe der morphologische Wert des Ascus als höchste Formsteigerung aus dem Sporangium mit bestimmter Sporenzahl erkannt war, wohl als zweifelhafte Ascomyceten bezeichnet und anhangsweise zu diesen betrachtet.[2])

---

[1]) Zur leichteren Orientierung will ich hier noch speziell auf meine Abhandlung im IX. Teile d. W. pag. 55 hinweisen: „Die Ascen der Ascomyceten in ihren Beziehungen zu den Basidien und zu einfacheren Fruchtformen;“ und auf die Übersicht in den Fruchtformen der Pilze in ihrem natürlichen Zusammenhange auf pag. 88 – 89 im IX. Hefte d. W., welche in kurzem Ausdruck die Grundlage des natürlichen Systems der Pilze wiedergibt.

[2]) Man vergleiche hierzu die Einzelheiten, welche in der Morphologie der Pilze von de Bary, 1884, zusammengefasst sind. Sie geben die Anschauungen, welche vor mehr als 30 Jahren die herrschenden waren, in treuer Form wieder, namentlich auch die frühere Nomenclatur in den Fruchtformen und ihren Sporen bei den Pilzen, die jetzt als völlig überwundene gelten kann. — Man vergleiche hierzu die von mir eingeführten Benennungen der Sporenbildungen der Pilze, welche ich namentlich in dem VIII. Bande d. W. begründet habe, und welche inzwischen die allgemeine Annahme gefunden haben.

Die Formen der Gattung Protomyces leben als Parasiten in den Achsen und Blattstielen von Taraxacum officinale und Aegopodium podagraria und rufen an diesen schwielenförmige Anschwellungen hervor. Im Innern dieser Anschwellungen finden sich gegliederte Mycelien, in deren Verlauf sich bald einzeln, bald in reihenweiser Folge, Chlamydosporen mit dicken Membranen zeigen, bei deren Keimung der Hemiascus zur Ausbildung kommt. Es werden im Innern der Chlamydosporen nach vorausgegangener Zweiteilung der Zellkerne, je nach der Grösse der Chlamydosporen, eine wechselnde Anzahl von membranführenden Sporen gebildet, welche nach ihrer Ausbildung mit Hülfe des übrig gebliebenen Cytoplasmas ejaculiert werden. Die Entleerung der Sporen, das reichlich vorhandene, bei der Sporenbildung nicht verwendete Cytoplasma, welches die Ejaculation bewirkt, zeigen die unmittelbarsten Anklänge an die Entleerung der sporenreifen Ascen und rechtfertigen hierin den früheren Anschluss von Protomyces an die Ascomyceten. Die ejaculierten Sporen fusionieren zu zweien oder zu mehreren und keimen dann in Nährlösungen, in Pflaumendecoct oder in Bierwürze, zu reichlicher Sprossung von Hefeconidien aus. Diese Conidien stellen die Nebenfruchtform des Pilzes dar. Sie fusionieren in den erschöpften Nährlösungen wiederum zu zweien oder zu mehreren mit einander, keimen aber gewöhnlich nicht zu Fäden aus, wohl aber geschieht dies in Luft auf den Nährpflanzen.

Die Infection des Parasiten durch die fusionierten Hemiascensporen oder auch durch die Sprossconidien erfolgt an jugendlichen Stadien der Nährpflanzen, deren Gewebe noch nicht ausgebildet und erhärtet sind. Die auf dem Boden zu Hemiascen auskeimenden Chlamydosporen werfen mit der heftigen Ejaculation des Hemiascus die Infectionskeime auf die jungen Nährpflanzen, welche dann in ihrer weiteren Entwicklung an den eingedrungenen Stellen die schwieligen Auftreibungen des Parasiten hervorbringen.[1])

Ein zweiter, besonders charakteristischer Formtypus der Hemiasci ist in der Gattung Ascoidea gegeben, von welcher A. rubescens auf frisch abgesägten Baumstümpfen, namentlich von Buchen, in der Umgebung von Münster ziemlich verbreitet aufgefunden wurde. Bei den von mir und

[1]) Die Literatur über Protomyces findet sich in den Beiträgen von de Bary und Woronin Heft I und weiter im IX. Teile d. W. pag. 109, Tafel III.

G. Lindau ausgeführten Untersuchungen[1]) zeigte sich in dem äusseren Umfange der roten, auffällig grossen Pilzmasse die Anlage der Hemiascen, welche in hymenienartigem Zusammenschlusse an den Enden der Fäden in Hemiasci übergingen. Die ersten Sporangien- resp. Hemiascen-Anlagen wurden durch die nachwachsenden entleert, und das Durchwachsen der vorher gebildeten durch die nachfolgenden Anlagen vollzog sich in oftmaliger Wiederholung. Die als Ausdruck der letzten Zweiteilung stets zu zweien kappenförmig verbundenen Sporen aus den Hemiascen waren in einem reichen, körnigen Cytoplasma eingebettet (Figur 27 und 28 auf Tafel III A. im IX. Teile d. W.) und konnten leicht rein gesammelt und in Nährlösungen, am besten in saurem Pflaumendecoct, zur Auskeimung gebracht werden. Sie wuchsen zu verzweigten, von Scheidewänden durchsetzten Mycelien aus, welche sehr bald schon in den Endfäden zur Bildung von Conidien übergingen, die durch nachwachsende zur Seite gedrängt wurden. Es entstanden so Conidienträger mit seitlich gestellten Conidien und einer apicalen Conidie, welche schliesslich auch zur Seite gedrängt und durch einen Hemiascus in der Form der Conidie genau an derselben Stelle ersetzt wurde. Es schlossen also die Conidienträger schliesslich mit Hemiascen ab, und bei schlecht ernährten Mycelien war die Anlage der Hemiascen zunächst nur einkernig und wurde erst vielkernig durch weitere Teilungen, welche ihren Abschluss fanden in einer letzten Zweiteilung, nach welcher die gebildeten Sporen paarweise vereinigt blieben und zu eigenartiger Kappenform sich ausbildeten. Auch hier wurde noch in einzelnen Fällen der erste Hemiascus von einem zweiten durchwachsen und hierdurch eine Entleerung der Sporangien herbeigeführt. Die zuerst gebildeten Conidien des Pilzes entsprechen genau in Form und Anlage den später nachfolgenden Hemiascen. Sie sind die gleichen Bildungen, nur mit dem Unterschiede, dass die ersten Anlagen nicht zu Hemiascen werden, also keine endogenen Sporen ausbilden. Es spaltet sich hier in unverkennbarer Deutlichkeit die Conidienfructification als Nebenfruchtform von der Fructification in Hemiascen ab.

Bei grossen Fruchtkörperanlagen von Ascoidea, die mehr wie einen Zoll an Durchmesser erreichen können, kommt es nicht selten vor, dass die erste hymeniale Schicht von Hemiascen nachträglich durch eine zweite und diese sogar

---

[1]) Diese Untersuchungen sind veröffentlicht in dem IX. Teile d. W. pag. 94, Tafel III B.

durch eine dritte ersetzt wird. Es liegen schon hier Fruchtkörper in höherer Formbildung, wie bei den Ascomyceten vor, in welchen die Hemiascen wie sonst die Ascen zu hymenialen Schichten verbunden sind.[1])

An dieser Stelle müssen nun die Formen der Saccharomyceten, der Sprosspilze, ihren natürlichen Anschluss finden, welche in unseren Gärungsindustrien bereits seit langer Zeit im grossen methodisch kultiviert werden. Die Formen der Saccharomyceten, zu welchen vorzugsweise die Formen der Gattung Saccharomyces gehören, kommen in der Natur allverbreitet vor und finden sich namentlich auch an der Oberfläche süsser Früchte, z. B. der Weintrauben; sie gelangen mit diesen in den Most, verursachen die alkoholische Gärung, die Bildung des Weines und bilden nachträglich in diesem den bekannten Niederschlag, den Satz von Hefe.

Die Sprosspilze zeigen in ihren Zellen eine bestimmte Form und Grösse, welche sie auch in ihren weiteren Sprossungen beibehalten. Die Sprossen haben einen bestimmten Ort der Sprossung an den Enden der Zellen und zerfallen nachträglich durch Querwände in die einzelnen Gliederzellen. Diese Zellen bilden endlich, ausserhalb der Flüssigkeit, wenn sie mit der freien Luft in Berührung kommen, in sich endogene Sporen aus. Sie werden also nachträglich zum Sporangium, welches gewöhnlich 2—4, seltener eine Mehrzahl von Sporen, in sich schliesst. Aus den Sporen des Sporangiums resp. des Hemiascus sprossen wiederum bei der Auskeimung neue Hefensprossen aus, welche den beschriebenen Entwicklungsgang wiederholen. Eine Auskeimung der Sprosszellen bei den Formen der Gattung Saccharomyces zu Fäden ist entweder gar nicht oder nur in Andeutungen beobachtet und eine Fusionierung von Sprosszellen nur ein einziges Mal bei einer einmal gefundenen Form von einem Autor[2]) beschrieben,

---

[1]) Die hier zuletzt angeführten Einzelheiten über Ascoidia habe ich nachträglich an dem prachtvollen Materiale feststellen können, welches in den an Buchen so reichen, kleinen Waldbeständen um Münster in jedem Jahre neu eingesammelt wurde.

[2]) Barker. On Spore-formation, among the Saccharomycetes, Journal of the Feder Institutes of Brewing, Cambridge 1902. Eine direkte Fusion von Sprosszellen ist schon bei der Auskeimung der Sporen in Hemiascus zu beobachten. Die von Barker beschriebene vermeintliche Copulation von Sprosszellen, die zu wachsen aufgehört haben, entspricht in der Formbildung durchaus den Fusionierungen der Sprossconidien bei den Brandpilzen, welche ich bei zahlreichen Formen unter diesen an den schon zitierten Stellen, Brandpilze I und III im V. und XII. Teil d. W., beschrieben habe.

nicht aber bis jetzt von den zahlreichen Spezialisten gesehen worden, welche sich ausschliesslich mit der Kultur und mit der Entwicklungsgeschichte der Hefenpilze beschäftigen.

Man hat eine Anzahl von Formen der Sprosspilze als Arten der Gattung Saccharomyces unterschieden nach der Grösse und Form der Sprosszellen, nach der Sporenzahl in den Sporangien und auch nach der Form der Sporen.

Über die Natur der eigentlichen Hefen- oder Sprosspilze erhalten wir sofort den richtigen Aufschluss, wenn wir die Entwicklungsgeschichte der Brandpilze, pag. 166, der Ustilagineen, zum Vergleiche heranziehen. Bei den zu Hemibasidien auskeimenden Brandsporen wurden ebenfalls die hier gebildeten Conidien in Sprossform von bestimmter Gestaltung mit bestimmtem, morphologischem Orte der Sprossung in nnveränderter Formbildung der Sprosse in Nährlösungen erhalten und fortkultiviert. Diese Sprossconidien der Brandpilze sind in der bestimmten Gestalt und in dem Orte der Sprossung in nichts verschieden von den Sprossungen, welche wir eben von den eigentlichen Sprosspilzen kennen gelernt haben. Die Sprossconidien der Brandpilze sind aber erwiesenermassen keine selbständigen Pilzformen, sondern nur die Entwicklungsglieder von Brandpilzen; sie stellen, wie ich schon dargelegt habe, gleichsam eine zweite Vegetationsform dieser Pilze in Conidiensprossungen dar, welche neben der eigentlichen Vegetationsform derselben Pilze in Mycelien fortbesteht.[1]) Bei den Formen von Saccharomyces kennen wir nur die eine Vegetationsform in den Sprossconidien, wie bei den Conidien der Brandpilze, nicht aber die andere Vegetationsform in Mycelien. Nur Andeutungen von Mycelbildungen weisen wohl auf eine frühere Existenz von Mycelien hin, die aber nicht mehr zur Ausbildung kommen, weil die Sprossung der Sprossconidien die Stelle der vegetativen Entwicklung allein eingenommen hat.

Die Sprosszellen bei den Formen der Gattung Saccharomyces im engeren sind unzweifelhaft nichts anderes, als die homologen Bildungen in Sprossconidien bei den Formen der Brandpilze. Sie zeigen aber einen weitergehenden Entwicklungsgang, als die der Brandpilze. Es gehen die Sprosszellen der Sprosspilze noch zur Ausbildung von endogenen Sporen,

[1]) Man vergleiche hierzu die früheren Ausführungen über die Brandpilze auf S. 142 bis 150 des vorliegenden Bandes.

also zur Sporangien- resp. zur Hemiascenbildung, über und erreichen in diesen ihren Höhepunkt und ihren Abschluss, sobald sie nach beendigter Sprossung direkt mit der Luft in Berührung kommen.

Diese Sporangienbildung ist den Sprossconidien der Brandpilze nicht mehr eigen. Sie stammen schon von conidienbildenden Pilzen ab, bei welchen die Sporenbildung erloschen ist und selbstverständlich auch in den Conidiensprossungen in den Schliesssporangien nicht mehr auftritt.

Die eigentlichen Sprosspilze sind demnach als Pilzformen anzusehen, bei welchen die Sprossung der Sprosszellen, gleichsam als eine Form der vegetativen Entwicklung, die Mycelbildung vollständig ersetzt hat, bei welchen also nur in der Sporangienbildung der einzelnen Sprosszellen der weiter entscheidende, morphologische Charakter und die Zugehörigkeit zu der Sporangienreihe gegeben ist.

Durch weitere Untersuchungen wird der Formenkreis der Saccharomyceten stetig erweitert. Es ist leicht, die einzelnen Formen resp. deren Sprosszellen auf dem Wege der Verdünnungsmethode zu isolieren und die isolierten Keime zum Ausgangspunkte reiner Kulturen zu machen, wie es jetzt methodisch in den Laboratorien unserer Gärungsindustrien geschieht. — Man benutzt, um die Sporenbildung zu erreichen, gewöhnlich durchfeuchtete Gipsplättchen, auf welchen man die frisch gebildeten Sprossungen zur Sporenbildung auslegt und unter einer Glocke in feuchter Luft erhält. Gewöhnlich erfolgt schon nach einem oder nach mehreren Tagen, mitunter durch Wärme im Thermostaten unterstützt, je nach den einzelnen Formen, die Bildung der Sporen in den Zellen, und es ist leicht, die Keimung der gebildeten Sporen zu bewirken und wiederum ihre Aussprossung zu Sprossconidien in Nährlösungen zu beobachten.[1]) — Dass zu diesen Formen der Saccharomyceten auch solche Formen von Sprosspilzen gehören können, in welchen die Sporenbildung nicht mehr eintritt resp. erloschen

---

[1]) Ich kann hier die Bemerkung nicht unterdrücken, dass es vielleicht noch gelingen kann, die Formen der eigentlichen Sprosspilze zur Fadenauskeimung resp. zur Mycelbildung zu bringen, wenn man in den Nährmedien die Anwesenheit von vergärbaren Kohlehydraten gänzlich ausschliesst, also sehr verdünntes Mistdecoct oder Nährmedien mit unvergärbaren Kohlehydraten verwendet. Es ist leicht, diese Versuche auszuführen und festzustellen, ob in dieser Art der Übergang dieser Formen zur Mycelbildung noch möglich ist.

ist, ist leicht verständlich; dass dies aber nur bei solchen Formen geschehen kann, welche nicht zu Mycelfäden auswachsen, versteht sich ebenfalls von selbst, und dass auch in beiden Charakteren der mangelnden Sporenbildung und Fadenauskeimung noch keine Sicherheit für diese Zugehörigkeit gegeben ist, bedarf keiner Ausführung. Hier verliert sich die Wertschätzung ins Unsichere und führt zu einer natürlichen Formeinschränkung, welche dahin geht, dass nur sporenbildende Sprosspilze dem Formenkreise der eigentlichen Saccharomyceten mit Sicherheit zuzurechnen sind.

Die Formen der Saccharomyceten haben bekanntlich die Fähigkeit, anaërob zu leben und in zuckerhaltigen Nährmedien die alkoholische Gärung zu erregen. Sie werden ganz besonders aus diesem Grunde in dieser Lebensform in der Gärungsindustrie verwertet. Diese physiologischen Eigentümlichkeiten[1]) kommen

[1]) Über den Ursprung der physiologischen Eigentümlichkeit der Sprosspilze, die alkoholische Gärung zu erregen, sind wir noch im Unklaren. Es bleibt kaum eine andere Möglichkeit hierfür übrig, als die, dass die Sprosspilze mit zuckerhaltigen Früchten von den Tieren gefressen werden und dass sie sich hier im tierischen Leibe, unter anaërobe Verhältnisse gebracht, die Fähigkeit angeeignet haben, den Zucker zu zersetzen resp. den Zucker als Energiequelle für die Fortsetzung der Lebenstätigkeit zu verwerten und hierbei die Bildung von Kohlensäure und Alkohol herbeizuführen. Ich habe in meiner Abhandlung über „Vorkommen und Verbreitung der Alkoholgärung im Pflanzenreiche“ in den landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1876 den Nachweis führen können, dass alle lebendigen Pflanzenteile, wenn sie von freiem Sauerstoff abgeschlossen werden, durch intramolekulare Atmung Aethylalkohol und Kohlensäure bilden. Bei zuckerreichen Früchten hält die intramolekulare Atmung wochenlang an, und es werden hier beträchtliche Mengen von Aethylalkohol und Kohlensäure erzeugt. Man kann sich nun unschwer denken, dass bei Pilzformen, welche in zuckerhaltigen Medien leben, nach dem Verbrauch des freien Sauerstoffes, die intramolekulare Atmung auf Kosten des umgebenden, von den Pilzen aufgenommenen Zuckers einsetzt und für noch längere Zeit zur Wirkung kommt, wenn in den zuckerhaltigen Nährmedien die Bedingungen resp. die Nährstoffe für Ernährung und Wachstum zugleich auch gegeben sind, die Zersetzung des Zuckers als Energiequelle für eine anaërobe Entwicklung und Vegetation verwertet wird und nun für die Fortdauer der Vegetation der Pilze zur Geltung kommt. Es würde hiernach die Entwicklung der anaëroben Pilzformen ohne freien Sauerstoff, also die anaërobe Lebensweise der Pilze, als eine Anpassungserscheinung in verschiedenem Grade der Ausbildung bei den verschiedenen Pilzformen dem Verständnisse zugänglich werden, in der Art, dass ein mit der intramolekularen Atmung eintretender chemischer Vorgang durch seine weitere Fortdauer und Steigerung die anaërobe Vegetation ermöglicht hat. — Dass hierbei eine Substanz gebildet wird, welche in die chemische Constitution des Zuckers eingreift, ist selbstverständlich. Neuerdings ist von Buchner mitgeteilt worden, dass diese Substanz, die Zymase, in geringen Mengen mit dem

natürlich für die morphologische und systematische Wertschätzung der Saccharomyceten nur nebenläufig in Betracht.

Für die systematische Stellung der Saccharomyceten ist die endogene Sporenbildung entscheidend. Sie erfolgt durch eine oder mehrmals wiederholte Zweiteilung des in jeder Zelle vorhandenen Zellkernes und führt zur Bildung von Sporen aus den durch Zweiteilung entstandenen Zellkernen in beschränkter, aber noch nicht bestimmt gewordener Sporenzahl. Es kann hiernach kein Zweifel bestehen, dass die Saccharomyceten nach unseren derzeitigen Kenntnissen dem Formenkreise der Hemiasci als einfachste Formtypen anzuschliessen sind. Die bisherige, noch unsichere Stellung der Sprosspilze ist auf Grund der vorstehenden Betrachtung dahin verschoben, dass die Sprosspilze, aber mit der Bezeichnung als Fungi imperfecti, dem Formenkreise der Hemiasci anzuschliessen sind, welcher den Übergang nach den einfachsten Formen der Ascomyceten, nach den *Exoasci* mit freien und nicht in Fruchtkörpern gebildeten Ascen, so natürlich als möglich vermittelt. Es ist aber durchaus irrig, die Saccharomyceten als die einfachsten Formen der Ascomyceten anzusehen und sie den eigentlichen Ascomyceten einzureihen, wie es früher geschehen ist.[1])

Eine bemerkenswerte Form, welche in der Sporenbildung unverkennbare Anklänge an die Saccharomyceten zeigt, ist neuerdings in der Gattung Schizo-

---

Töten der Hefezellen fixiert werden kann, um nachträglich noch, unabhängig von der lebenden Zelle, den Zucker zu zersetzen. Die alkoholische Gärung ist aber nicht als eine blosse chemische Zersetzung des Zuckers, sondern als ein physiologischer Vorgang aufzufassen, bei welchem durch intramolekulare Atmung, auf Kosten des Zuckers, die Energiequellen für die anaërobe Entwicklung der Hefen gewonnen werden. Die anaërobe Entwicklung ist, nach unserer jetzigen Auffassung, wieder nur in der Auslösung von Oxydationsvorgängen verständlich, welche hier auf Kosten des gebundenen Sauerstoffes im Zucker erfolgen müssen, und welche nun in dem auf das Höchste gesteigerten Zersetzungsvorgange des Zuckers, der die massenhafte Bildung von Kohlensäure und Alkohol herbeiführt, ihren energischen Ausdruck finden. Der neue Name Zymase, für die hier wirksame chemische Substanz, leistet für das physiologische und chemische Verständnis des Vorganges nicht mehr, wie die frühere Bezeichnung Contactsubstanz. (Bitte hierzu die Anmerkung auf Seite 31 im I. Abschnitte dieses Buches zu vergleichen, und ebenso die Ausführungen in meiner schon oben zitierten Abhandlung in den landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1876.)

[1]) Man vergleiche hierzu die Abhandlung von Reess „Botanische Untersuchungen über die Alkoholgärung“ 1871.

saccharomyces[1]) aufgefunden worden. Die Formen dieser Gattung finden sich in dem Satze vergorener Getränke vorzugsweise in südlichen Klimaten vor. Sie stellen einzelne, rundliche oder längliche Zellen dar, welche sich durch eine Scheidewand teilen und durch Anschwellung und Abrundung der geteilten Zellen von einander trennen. Die Teilung und Gliederung der Formen ist die gleiche, wie bei der früher, auf pag. 171—175 beschriebenen Chlamydosporen-Fructification in Oidien, bei den Basidiomyceten, nur tritt hier der eigenartige Charakter hinzu, dass die einzelnen, zergliederten Zellen ähnlich wie die Hefezellen an der Luft endogene Sporen bilden in nicht regelmässiger Zahl und also zur Bildung eines Hemiascus übergehen. Wir hätten demnach in dem Schizosaccharomyces Oidienformen, welche noch den ursprünglichen Charakter der Chlamydosporen darin tragen, dass sie an Luft fructificieren, also Sporangien bilden, wie es bei den bisher bekannten Chlamydosporen in Oidien noch nicht, wohl aber bei den echten Chlamydosporen, z. B. bei Chlamydomucor und Protomyces, sicher festgestellt ist.

Neuerdings ist eine den Saccharomyceten zugehörige Formenreihe besonders unterschieden, welche den Gattungsnamen Willia[2]) erhalten hat, bei welcher die Bildung von septierten Mycelfäden in Kahmhäuten an der Oberfläche der Nährlösungen sicher festgestellt ist, und bei welcher die Anlagen der Hemiascen als seitliche, kurze Sprosse an den Mycelfäden beobachtet sind. Die Formen bilden in zuckerhaltigen, gärungsfähigen Nährlösungen durch direkte Sprossung Sprosskolonien, durch welche sie sich der Gattung Saccharomyces anschliessen. Die Sporenbildung in den Sprosszellen an der Luft zeigt die charakteristische Eigenart, dass die ausgebildeten Sporen nachträglich paarweise in Kappenform mit einander verbunden sind, wie wir es schon in den Hemiasceen von Ascoidea kennen gelernt haben. Die Sporen werden durch doppelte Zweiteilung, meist in der Vierzahl, in jedem Hemiascus gebildet.

Die gleichen, in der Form und in der Sporenbildung fast ununterscheidbaren Sporangien, wie bei Willia, finden wir nun in den Ascen bei der

[1]) Die Formen von Schizosaccharomyces sind zuerst von Lindner, Zeitschrift für Spiritusindustrie, XVI. Jahrgang, 1893, und später auch von Barker l. c., Cambridge 1902, beschrieben worden.

[2]) Die Abbildungen von Willia finden sich in den Abhandlungen von Chr. Hansen in den Arbeiten des Karlsberger Laboratoriums in Kopenhagen.

Gattung Endomyces unter den exoascen Formen der eigentlichen Ascomyceten vor.

II. Exoasce Ascomyceten. Der Endomyces decipiens[1]) tritt parasitisch auf in den Fruchtkörpern von Agaricus melleus. Die Lamellen des Wirtes werden von den Parasiten durchwuchert und zeigen in ihren Anschwellungen gegliederte Mycelien, welche in den Endverzweigungen oidienartig zerfallen, daneben aber an den weiter rückwärts gelegenen Mycelteilen Ascen ausbilden, welche vier Sporen in Kappenform enthalten, die paarweise nach dem letzten Teilungsvorgange mit einander in Verbindung bleiben.

Diese Sporenform bei Endomyces stimmt genau überein mit der Sporenbildung bei Willia unter den Saccharomyceten und darüber hinaus mit der Sporenbildung in den Hemiascen von Ascoidea.[2]) Diese Formübereinstimmung lässt keinen Zweifel bestehen über die natürliche Verwandtschaft der genannten Formen und durch sie der natürlichen Verbindung der Hemiasci mit den eigentlichen exoascen Ascomyceten. — Eine zweite Form von Endomyces, E. Magnusii,[1]) ist in den Saftausflüssen von Eichen gefunden worden. Sie bildet auch Oidien und Ascen mit vier Sporen aus. Beide Formen von Endomyces lassen sich in Nährlösungen, am besten in Bierwürze, sowohl aus den Oidien, wie aus den Ascussporen mit grösster Üppigkeit kultivieren. Die Mycelien gehen aber in dieser Kultur meist nicht über die Oidienbildung hinaus.

Ein Unterschied in der Sporenbildung der Hemiascen von Ascoidea, in den Sprosszellen der Saccharomyceten und in den Ascen von Endomyces, also in der Sporenbildung zweier Hemiascenformen und einer typischen Exoascenform ist hier nicht festzustellen. In beiden Fällen entstehen die endogenen Sporen aus der Zweiteilung eines Zellkernes in der sporenbildenden Zelle. Bei den Sporangien resp. Hemiascen von Ascoidea und Saccharomyces ist nur allein die Zahl der Sporen noch nicht typisch und bestimmt

---

[1]) Die Formen von Endomyces decipiens und E. Magnusii sind von mir untersucht und kultiviert und die Resultate in dem IX. Teile d. W. pag. 124 und 134, Tafel I niedergelegt. — Neuerdings ist ein Alkoholgärung erregender Endomyces von P. Lindner beschrieben: „Endomyces fibuliger, Wochenschrift für Brauerei XXIV. Jahrgang Nr. 36, 1907," den ich hier nur noch nachträglich unter dem Texte anführen konnte.

[2]) Ascoidea rubescens im IX. Hefte d. W. pag. 9 und Tafel III B.

geworden, wie wir es in steter Wiederkehr bei den Formen von Endomyces beobachten können.

Die bisher geltende Annahme ist durchaus irrig, dass in der Sporenbildung bei den Formen der Hemiasci und bei den Formen der echten Ascomyceten, also hier den Exoasci, ein typischer Unterschied bestehen soll. Alle Unterschiede zwischen Sporangien und Ascen sind nur sekundärer Art und von untergeordnetem Werte, so namentlich das Vorhandensein von Cytoplasma nach vollendeter Sporenbildung und weiter die Ejaculation der Sporen, die bei Protomyces genau ebenso erfolgt, wie bei den Ascensporen der echten Ascomyceten. Man stellt für gewöhnlich die Sporenbildung in den Sporangien der Mucorineen und die in den Ascen der Ascomyceten als unüberbrückbare Gegensätze einander gegenüber, um daraus herzuleiten, dass Sporangien und Ascensporen verschiedene morphologische Bildungen seien und dass aus diesem Grunde die ascenbildenden Ascomyceten nicht von den sporangientragenden Formen der niederen Pilze abgeleitet werden könnten. An den hier zum Vergleiche eingesetzten Beispielen ist aber nur der grössere Unterschied darin gegeben, dass bei den einschlauchigen Formen der Mucorineen nicht ein Zellkern, der sich weiter zweiteilt, sondern mehrere Zellkerne in die Sporangienanlage einwandern, um die Sporen in den Sporangien zu bilden. Dies ist bei der Einschlauchigkeit der Mycelien ganz selbstverständlich; der Unterschied tritt aber schon zurück bei den Formen, wie bei Protomyces und Ascoidea, wo die Mycelien durch Scheidewände geteilt sind, und wo die Zweiteilungen in den Sporangienanlagen sicher zu beobachten sind, und wo in Ascoidea die letzte Zweiteilung in den paarweise zusammenhängenden Sporen unwiderleglich ausgesprochen ist. Von da bis zu den Formen von Saccharomyces und von Endomyces, wo nur ein Zellkern in die Sporangienanlage eintritt und aus ihm durch Zweiteilung die Bildung der Sporen erfolgt, ist nur ein Schritt. Die Formen von Saccharomyces mit noch schwankender Sporenzahl stehen den Formen von Endomyces mit bestimmter Sporenzahl so nahe als möglich; in beiden Fällen tritt auch schon die Regelmässigkeit in Grösse und Form in den Sporangien der Hemiascen und der Ascen deutlich in die Erscheinung, und der Übergang von den Hemiascenformen nach den eigentlichen Ascomyceten ist der denkbar natürlichste. Die Sporangien sind es allein, welche in weiterer Formsteigerung von Ascoidea nach Saccharomyces und von da nach Endomyces den Übergang von den sporangienbildenden

nach den ascentragenden, höheren Pilzen vermitteln. In den Sporangien der Mucorineen liegen nur Rückbildungen eigener Art vor, die nach der gegebenen Ausführung einer Missdeutung gar nicht zugänglich sind.[1])

Der Ascus der Ascomyceten ist nichts anderes, wie die morphologische Steigerung und höhere Differenzierung aus den einfachen Sporangien der niederen Pilze. Die Ascen sind keine plötzlich auftretende Wunderbildung in morphologischer Beziehung, welche bei den Formen der Ascomyceten verbindungslos in die Erscheinung tritt; sie sind nichts wie das höhere Glied einer morphologischen Steigerung aus einer gegebenen Fruchtform in Sporangien, wie wir sie bei den niederen Pilzen antreffen und von da in den Variationen gesteigerter Vervollkommnung in allen Abstufungen von den niederen Pilzen nach den Hemiasci und von da bis zu den Ascomyceten verfolgen können.

Der Ascus in seiner Steigerung aus den einfachen Sporangien entspricht genau der Ableitung der Basidien aus den einfachen Conidienformen, wie wir sie in der homologen Conidien- oder Basidienreihe, in der Steigerung von den Hemibasidii nach den Formen der Proto- und der Autobasidiomyceten bereits mit Sicherheit nachweisen konnten.

In wieweit die neu entdeckte Karyogamie, welche in den Mutterzellen der Ascen und der Basidien beobachtet werden konnte, mit der Formbildung des Ascus und der Basidie im Zusammenhange steht, ist aus den bisher mitgeteilten Untersuchungen noch nicht zu ersehen. Es bedarf hier noch des Nachweises, an welcher Stelle die Karyogamie zuerst in die Erscheinung tritt. Dies ist in der Ascomycetenreihe nicht festgestellt, wohl aber ist in der Basidienreihe beobachtet worden, dass die Kernverschmelzung schon in den

[1]) Es soll aber an dieser Stelle nicht unvermerkt bleiben, dass auch schon bei den Formen von Chytridium und bei Synchytrium unter den niederen Pilzen die Entwicklung des Sporangiums aus einem Zellkerne sich herleitet. Aus dem eingedrungenen Schwärmer mit einem Zellkerne bildet sich mit der wiederholten Zweiteilung des Kernes eine blasenförmige Zelle aus, welche schliesslich in toto zu einem Sporangium wird, in welchem weiter die durch Zweiteilung entstandenen Zellkerne mit dem umgebenden Protoplasma je einzeln wieder zu Schwärmern werden. Auch die Conidien der Peronosporeen erhalten nur einen Zellkern, aus welchem sich, durch wiederholte Zweiteilung, die Zellkerne für die Zoosporen bilden bei den Formen, welche noch nachträglich die Conidien zu Zoosporangien umwandeln.

Brandsporen auftritt, z. B. von Ustilago longissima und U. bromivora, welche bei ihrer Keimung noch nicht zur Bildung der Basidien resp. Hemibasidien fortgeschritten sind.

Im Anschluss an Endomyces müssen wir nun noch die Formen der Gattung Exoascus und Taphrina, die höchsten Bildungen der exoascen Ascomyceten, an dieser Stelle anschliessen. Diese Formen leben parasitisch, die ersteren häufig auf verschiedenen Amygdalaceen, die anderen auf Blättern und Früchten von Alnus und Populus. Die zumeist perennierenden Mycelien fructificieren in den Blättern oder in den Früchten der Amygdalaceen und fructificieren z. B. bei Exoascus deformans auf Pfirsich in jedem Jahre in den Blättern der Frühlingstriebe. Die Mycelien verzweigen sich an der Oberfläche der Blätter und bringen unter der Epidermis aus den Enden der Fäden die Ascen hervor. Bei dem Pfirsich sind nur die Frühlingstriebe befallen, die nachträglich auftretenden bleiben scheinbar pilzfrei. Die Ascen enthalten zumeist acht Sporen, bei Taphrina dagegen nur vier oder sogar nur zwei Sporen. Hier trennen sich die Ascen schliesslich aus den Mycelfäden ab und wachsen nach unten mit einem wurzelförmigen Fortsatz selbständig aus.

Die Ascensporen bilden häufig schon in den Ascen durch direkte Sprossung mit Hülfe des reichlich vorhandenen Cytoplasmas Hefesprossungen resp. Hefeconidien aus, die in der Form von den Ascensporen abweichen. Dies geschieht noch weiter, wenn die Ascensporen ejaculiert und in Nährlösungen, Bierwürze, Pflaumendecoct aufgefangen werden. Hier sind die Conidiensprossungen unzweifelhaft eine Nebenfruchtform geworden; sie sprossen unbegrenzt bis zur Erschöpfung der Nährlösung in bestimmter Form der einzelnen Sprosse fort, ohne dass es gelingt, eine Fadenauskeimung zu beobachten.[1])

Leider habe ich es bei meinen eigenen Versuchen früher unterlassen, diese Hefesprossungen aus Nährlösung, welche ich in unbegrenzten Mengen gewonnen hatte, auf die Bildung von Sporangien an der freien Luft zu untersuchen. Wenn irgendwo, so liegt bei diesen Formen und ebenso schon bei Protomyces unter den Hemiasci die Möglichkeit, sogar die Wahrscheinlichkeit vor, dass hier noch eine endogene Sporenbildung in den Sprossconidien erfolgt, wie bei Saccharo-

---

[1]) In dem IX. Teile d. W. habe ich die Entwicklungsgeschichte von Exoascus deformans und Taphrina populi, durch Abbildungen erläutert, wiedergegeben, weitere Einzelheiten finden sich in den Exoasci von Sadebeck und anderen Autoren.

myces, dass sie also noch zu Sporangien übergehen. Es ist dringend notwendig, an dieser Stelle die Untersuchungen weiter zu führen. Ich selbst bin z. Z. hierzu leider ausserstande und vermag nur die Anregung zu geben, die, da der Gedanke gegeben ist, ein naheliegendes und schönes Resultat in Aussicht stellt.

Ebenso sind wir auch über die zeitliche und örtliche Infection der Nährpflanzen durch die Formen der Exoasci nur ungenügend oder gar nicht unterrichtet. Erst durch erfolgreiche Infectionsversuche nach dieser Richtung kann die Biologie dieser Pilze ihren relativen Abschluss erreichen.

Weitere Formen von exoascen Ascomyceten sind bis jetzt nur vereinzelt bekannt geworden, z. B. Ascocorticium albidum.[1]) So weit unsere derzeitigen Kenntnisse reichen, ist die Formenzahl der eigentlichen Exoasci eine verhältnismässig geringere. Dies tritt erst deutlicher und auffälliger hervor, wenn wir jetzt zu den Formen der Carpoasci übergehen, welche in ihrem grossen Formenreichtum die eigentliche Masse der grossen Klasse der Ascomyceten unter den Pilzen ausmachen.

Wir konnten die Formen der bisher betrachteten *Hemiasci* und *Exoasci* von den sporangientragenden Formen der isogam differenzierten, terrestrisch ausgebildeten, niederen Pilze natürlich ableiten, und zwar von den einfachsten Formen unter diesen, welche ich als exosporangische unterschieden und bezeichnet habe. Ebenso natürlich können wir nun aber auch die zweite und grössere Formenreihe der *carpoascen Ascomyceten* von den *carposporangischen Formen* derselben niederen Pilze herleiten. In den Formen z. B. von Rhizopus, von Mortierella, Absidia etc. werden die Sporangienträger nicht unmittelbar von den Mycelien, sondern mittelbar von fructificativen Initialfäden, resp. von in die Luft führenden Ausläufern gebildet, welche erst zu ihrer engeren Fructification eine Gliederung und Differenzierung nach der einen Seite in sterile Fäden und nach der andern Seite in fructificierende Sporangienträger erfahren. Die Fructification kann sich an demselben Faden, in dem seine Spitze weiter fortwächst, mehrfach wiederholen, bis diese steril

[1]) Vergl. die Abhandlung im IX. Teile d. W. pag. 145.

endigt.[1]) Die Fructification in Sporangien wird also nicht unmittelbar auf den Mycelien an dem Substrat angelegt, sondern mittelbar und oft fern von diesem Substrate an fructificativen Ausläufern erzeugt. Diese mittelbare Anlage und eigenartige Differenzierung zur Bildung der Fructification in sterile und fertile, fructificierende Fäden (die Abbildungen auf Tafel III A. im IX. Teile d. W.) finden wir nun in eigenartiger Steigerung auch bei den carpoascen Ascomyceten bei der Anlage der Ascenfructification wieder.

In dem Aufbau kleiner Fruchtkörper bleibt die Anlage des fertilen Initialfadens in einzelnen Fällen gegenüber den sterilen Fäden in der Entwicklung zunächst zurück, in der Art, dass diese sterilen Fäden eine mehr oder minder grosse und stark entwickelte, fruchtkörperartige Hülle um den fertilen Initialfaden bilden, nach deren Ausbildung dann erst der fertile Faden zur Fructification übergeht und häufig auf Kosten der sterilen Hyphen der Umgebung seine Fruchtbildung im Inneren der Fruchtkörperanlagen vollzieht.

III. Carpoasce Ascomyceten. Schon unter den Hemiasci findet sich der Thelebolus stercorarius mit einem grossen Hemiascus, der sich innerhalb des geschlossenen, sterilen Geflechtes aus einem Initialfaden ausbildet und dann, dieses durchbrechend, seine Sporen ejaculiert.[2]) — Bei den Formen der Gymnoasceen in Eremascus und Gymnoascus werden namentlich bei den Formen der letzteren viele Ascen aus einem Initialfaden im Inneren eines losen Hyphengeflechts erzeugt, welches von den sterilen Hyphen vorher gebildet ist. Die Anlage der fertilen und der sterilen Hyphen, welche zusammen den Fruchtkörper ausmachen, lässt sich hier unabhängig verfolgen und die Anlage der Ascen bis in alle Einzelheiten beobachten. Bei den Gymnoasceen ist das sterile, die Hülle der Fruchtkörperanlage bildende Hyphengeflecht nur wenig entwickelt und niemals zu einem geschlossenen Gewebe verbunden. Das sterile

---

[1]) Die engere Ausführung findet sich in dem VII., VIII. und in dem IX. Teile d. W., die zugehörigen Abbildungen auf Tafel III A. im IX. Teile. Man vergleiche hierzu auch „Das natürliche System der Pilze“ im X. Teile d. W. pag. 354 und 355, speziell die Zygomyceten, und namentlich auch die Abhandlung im IX. Teile d. W. „Die Ascen der Ascomyceten in ihren Beziehungen zu den Basidien und zu einfacheren Fruchtformen“ pag. 55—91.

[2]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen im IX. Teile d. W. Tafel III A.

Geflecht bleibt bei der Entwicklung der fertilen, ascenbildenden Fäden ganz unbeteiligt, sodass nachträglich die ascentragenden Fäden durch die sterile, lose Hülle hindurch deutlich unterschieden werden können. Bei diesen Formen der Gymnoasci zeigt sich in dem getrennten und unabhängigen Entwicklungsgange des sterilen Geflechtes einerseits und der ascenbildenden Fäden andererseits noch die völlige Übereinstimmung mit den Formen der carposporangischen Zygomyceten, wie sie uns von Mortierella und Rhizopus etc. bekannt ist.

Stärker tritt nun aber diese Entwicklung zugleich mit einer Vergrösserung der Fruchtkörperanlage in die Erscheinung bei den drei grossen Formenreihen der carpoascen Ascomyceten, bei den Perisporiaceen mit geschlossenen Fruchtkörperanlagen, bei den Pyrenomyceten mit birnförmig gestalteten Fruchtkörpern, die eine bestimmt vorgesehene Öffnung ausbilden, und bei den Hysteriaceen und Discomyceten, bei welchen in den einfachsten Fällen die Fruchtkörperanlagen, anfangs geschlossen, sich nachher in der Mitte öffnen und zu scheibenförmig vergrösserten Fruchtkörpern ausbreiten, welche das Hymenium auf ihrer Oberfläche tragen.

Von den einfachsten Formen der Perisporiaceen mag hier zunächst die Gattung Eurotium-Aspergillus eine Berücksichtigung finden. Bei E.-A. glaucum und E.-A. repens werden die Perithecien an einzelnen von den übrigen Mycelhyphen nicht verschiedenen Vorderenden der Mycelien angelegt, welche sich wachsstockartig einrollen.[1]) Von der Basis dieser Spirale gehen dann reiche Fadenbildungen aus, welche den Initialfaden mehrfach umschliessen und sich in dichtem Zusammenschluss zu einem Pilzgewebe ausbilden, dessen äusserste Schicht zur Peridie wird, also ihre Membranen verdickt und verkorkt. Wenn die Fruchtanlage in dieser Art beendigt ist, dann wächst erst der Initialfaden, von Scheidewänden durchsetzt, seitlich aus und seine Verzweigungen verzehren das sterile, umgebende Gewebe bis auf die Peridie und bilden an den letzten Fadenenden resp. Seitenästen durch Anschwellung achtsporige Ascen aus. Es ist charakteristisch, dass der Fruchtkörper bis zur vollen Sporenreife geschlossen bleibt, dass sich hier die Ascuswände auflösen und dass hierdurch die

[1]) In dem spiraligen Einrollen des zur Fructification bestimmten Initialfadens ist nichts anderes zu sehen, als der Anfang der Gewebebildung, wie wir sie bei den höheren Pilzen häufig antreffen. Es wird durch das Einrollen der Zusammenschluss der Fäden vorbereitet, aus welchen das Pseudo-Parenchym sich bilden soll.

Ascensporen, welche nach ihrer Ausbildung kaum Cytoplasma im Ascus zurücklassen, frei werden. Das Endresultat ist eine Peridie mit den zahlreichen, frei gewordenen Ascensporen[1]). Aus den Ascussporen gehen wieder Mycelien hervor, welche neben den Perithecien noch eine sehr hoch entwickelte Nebenfruchtform in Conidien erzeugen. Es sind dies einzellige Fruchtträger, welche in die Luft wachsen, oben kugelförmig anschwellen und an der ganzen Fläche Sterigmen gleichzeitig erzeugen, welche Conidien nicht einmal, sondern wiederholt, in langen Reihen in centripetaler Folge abschnüren. Die wiederholte Bildung von Conidien in reihenförmiger Anordnung treffen wir hier zum ersten Male an. Bei Aspergillus repens werden in concentrierten Nährlösungen und auch festen, nährstoffreichen Substraten fast nur Perithecien gebildet. In dünnen Nährlösungen überwiegt die Ausbildung der Conidienträger, welche aber bei den einzelnen Formen von Aspergillus, z. B. von A. niger, A. flavus, A. fumigatus, A. Oryzae etc., auf fast allen Formen des Substrates die weitaus vorherrschende Fruchtform ist. Bei A. flavus, A. fumigatus und A. Oryzae sind die Perithecien sogar noch nicht einmal mit Sicherheit gefunden. Wahrscheinlich liegen hier südliche, an warme Klimate angepasste Pilzformen vor, ebenso auch von A. niger, bei welchen es immer nur gelingt, in den warmen Monaten Juli und August Fruchtkörperanlagen zu gewinnen, die aber leider keine normale und abgeschlossene Entwicklung zeigen. Wahrscheinlich wird es möglich sein, mit Hülfe höherer Temperaturen in den Thermostaten die Bildung der Perithecien und damit die geschlossene Entwicklung dieser Pilz-

---

[1]) Die Angaben über die Entwicklung der Perithecien von Eurotium-Aspergillus finden sich in den Beiträgen von de Bary und Woronin Heft III. — Die Beobachtungen sind in jeder gut geführten Objectträgerkultur mit Leichtigkeit in allen Stadien der Entwicklung an den zahlreichen jungen Fruchtanlagen auszuführen. Die Differenzierung des Initialfadens in die fertile, schraubenförmige Spitze, die zuerst entsteht, und in die sterilen Fäden, welche an der Basis der Schraube entspringen und diese umwachsen und einschliessen, ist hier in der einfachsten und anschaulichsten Weise gegeben. Die sterilen Fäden umschliessen nicht einseitig, sondern allseitig den fertilen Initialfaden, und hierdurch kommt der geschlossene Fruchtkörper zu Stande, in dessen Innerem sich später die fructificierenden Ascen aus dem Initialfaden, auf Kosten des sterilen Gewebes, ausbilden. — Die Übereinstimmungen in der Anlage der Ascusfrucht mit den homologen, carposporangischen Bildungen bei den Zygomyceten, namentlich bei Mortierella, sind so klare und natürliche, dass sie hier keiner weiteren Ausführung bedürfen.

formen zu erreichen, wie schon im ersten Teile des vorliegenden Bandes angegeben ist.[1])

Zweifellos bestehen hier neben der Ascenfructification in Perithecien Conidienträger von einer hohen Differenzierung fort. Es fragt sich, woher diese Conidienformen kommen können? Von der Ascus-Fructification in den Perithecien können sie m. E. nicht abstammen, wie wir dies für die Conidien bei den Hemiasci und namentlich auch in der Basidiomycetenreihe nachweisen konnten. Sie müssen also einen anderen Ursprung haben. — Ich möchte glauben, dass hier die Erwägung eine Berechtigung hat, dass diese Formen der Ascomyceten mit so hoch entwickelten Conidien sich ableiten können von carposporangischen, niederen Pilzen, bei welchen neben den Sporangien schon die Fructification in Conidien ausgebildet ist. Wir haben Formen dieser Art bei den isogam differenzierten, niederen Pilzen, z. B. bei Mortierella-Polycephala, bei welcher Conidien- und Chlamydosporen neben den carposporangischen Sporangienträgern auftreten. Auch bei anderen Formen, z. B. Choanephora, sind Conidien neben den Sporangien sicher festgestellt.[2])

Eine zweite Form der Perisporiaceen ist in Penicillium glaucum gegeben, dem Schimmel-Catexochen, der wegen seiner ubiquistischen Verbreitung im Volksmunde immer als selbstverständlich gemeint wird, wenn vom Schimmel die Rede ist. Die Conidienträger haben hier die Form eines Pinsels mit relativ bestimmten Auszweigungen der Spitze, auf welcher die Conidien in Reihen abschnürender Sterigmen gebildet werden. Diese Conidienträger in Pinselform waren die einzige bekannte Fruchtform dieses Pilzes, der wegen seiner ungeheuren Verbreitung und wegen seiner leichten und schnellen Entwicklung

---

[1]) Mit der bevorzugten Ausbildung der Conidienfructification steht die lange Keimfähigkeit der Conidien in harmonischem Zusammenhange. Die Conidien bewahren jahrelang ihre Keimkraft. Sie keimen bei A. niger noch nach 5 Jahren, aber freilich etwas verlangsamt, aus. Die schwere Benetzbarkeit, mitunter noch durch Rauheit der Sporen verstärkt, mag hierbei günstig mitwirken.

[2]) Die Conidien von Mortierella-Polycephala habe ich schon im Jahre 1869 festgestellt. Sie sind dann von van Tieghem (Recherches sur les Mucorinees, ann. sc. nat.) im Jahre 1878 abgebildet und beschrieben, ehe ich nach dem Kriege Zeit fand, meine schon fertigen Arbeiten mitzuteilen. — Die Gattung Choanephora in den Blüten von Hibiscus ist von Cunningham in Indien (Transactions of the Linnean Society of London, Second Series 1879) aufgefunden und unabhängig von ihm auch von A. Möller in Brasilien, Phycomyceten und Ascomyceten, Untersuchungen aus Brasilien, Jena 1901.

die Lehre einer irrtümlichen Pleomorphie in den Fruchtformen der Pilze ganz besonders gestützt hat, bis es mir gelang, aus den Conidien der Pinsel die Perithecien durch die im ersten Abschnitte dieses Buches ausführlich dargelegte Kulturmethodik zu gewinnen, welche zugleich über die Entwicklung des Penicillium und über seine richtige Beurteilung als Conidienform eines Ascomyceten den lange ersehnten sicheren Aufschluss gab.

Bezüglich der erfolgreichen Kultur des Pilzes, welche zur Gewinnung der Ascusfrüchte führt, bleibt hier nur noch nachzutragen, dass die Perithecien um einen auch hier spiralig gewundenen Initialfaden aus sterilen Fäden angelegt werden, welche sich in dichtem Ceflechte gewebeartig verbinden und die Fruchtkörper von Penicillium ausmachen. Es ist bemerkenswert, dass hier der Initialfaden schon früh zugleich mit der Anlage der sterilen Fäden auswächst, dann aber in einem sclerotialen Zustand mit dem sterilen Gewebe und in diesem verzweigt gleichsam erstarrt.[1]) Der so hergestellte sclerotiale Dauerzustand der Fruchtkörper wird erst nach mehrmonatlicher Aufbewahrung der Perithecienanlagen auf feuchtem Fliesspapier überwunden. Es treiben die Initialfäden zu Verzweigungen aus, welche das sterile, umgebende Gewebe auflösen und als Nahrung verzehren. An den fertilen Fäden entstehen seitlich in Ketten in acropetaler Folge die Ascenanlagen, die mit der Ausbildung von acht Ascensporen ohne Cytoplasma abschliessen. Die reifen Ascen lösen sich auf, während noch nach der Peripherie zu neue Ascenanlagen erfolgen, bis alles sterile Gewebe verzehrt ist. Mit der Reife haben wir eine Peridie mit einer Unzahl von kleinen, bestimmt gestalteten Ascensporen, welche den Fruchtkörper ausfüllen.[2]) Es ist leicht, aus den einzelnen Ascensporen, welche in dem reifen Fruchtkörper rein vorhanden sind, von neuem Mycelien mit pinselförmigen Conidienträgern zu erziehen. Es gelingt sogar bei der Anwendung einer verdünnten Nährlösung, die eben gekeimten Ascensporen sozusagen ohne Mycelbildung direkt zu einem Conidienträger auswachsen zu sehen, wodurch das Bild des Zusammenhanges von Conidienträger und Ascusfructification in der gedrängtesten und klarsten Weise zur Anschauung gebracht wird.[3]) Wohl

---

[1]) Man vergleiche hierzu die näheren Ausführungen und die zugehörigen Abbildungen in dem 2. Teile d. W. über Penicillium glaucum.

[2]) l. c. der Abhandlung über Penicillium Tafel 4—7.

[3]) l. c. Tafel VII im II. Teile d. W.

mit Hülfe seiner überreich gebildeten Conidien an den pinselförmigen Trägern ist das Penicillium überall verbreitet und wohl noch an keiner Stelle, wo noch Pilzkultur möglich ist, vergeblich gesucht worden. Die Conidiensporen von diesem Penicillium und auch die gleichen von Aspergillus sind für den leichten Vertrieb in Luft mit einer schwer benetzbaren Luftschicht an der Oberfläche der Sporen versehen. Wenn man die Conidien einzeln aussäen will, müssen sie länger in sehr feuchter Luft gehalten und dann unter Wasser untergetaucht und so isoliert werden. Bei geeigneter Verdünnung kann man dann mit Leichtigkeit die Isolierung der einzelnen Conidien und ihre Aussaat in Nährlösungen erreichen.

Eine Form von Penicillium ist als P. insigne fälschlich bezeichnet. Ich habe die auf alter Sackleinwand nicht selten auftretenden, oft nadelkopfgrossen Perithecien dieses Pilzes untersucht und kultiviert und gefunden, dass es sich hier um eine Form handelt, welche nichts mit Penicillium zu tun hat. Die riesengrossen, dunkelbraunen Sporen in den Ascen charakterisieren den Pilz als besondere Gattung, ebenso die Conidienträger, welche penicillium-ähnliche Verzweigungen tragen, aber die nicht runden Conidien nicht in Reihen, sondern in Köpfchen ausbilden, und welche bis auf die basale Zelle nach vollzogener Conidienbildung gänzlich zerfliegen. Es ist bemerkenswert, dass die Conidienträger hier, im Gegensatze zu Penicillium, ganz zurücktreten gegenüber den Ascusfrüchten. Man findet sie nur in ganz dünnen Nährlösungen oder auch mit der Erschöpfung der Substrate nach vorangegangener, überreicher Perithecienanlage. Auf sterilisiertem Brote kultiviert, wird die ganze Brotmasse zu einer förmlichen Kruste von Perithecien dieses wundervollen Pilzes, der weiterhin seine grossen, braunen Ascensporen zu acht in jedem Schlauche ausbildet. Ich habe von dem Pilze ganze Gläser voll Perithecien gezogen und diese schon nach vier- bis sechswöchentlicher Kultur zur Sporenreife auf ausgelegtem Sande gefördert. Mit fortschreitender Entwicklung der Perithecienanlagen auf dem Substrate werden an diesen Wasserausscheidungen vollzogen, welche die ganze Kultur mit kristallglänzenden, kleinen Tröpfchen überziehen. Auf Objectträgerkulturen in concentrierten Nährlösungen kann man die Anlage der Perithecien, die schwach schraubenförmigen Initialfäden und ihre Umhüllung durch die sterilen Fäden in allen Einzelheiten sonnenklar verfolgen und auch weiterhin feststellen, dass die Verzweigungen des Initialfadens später die Ascen ausbilden unter gleichzeitiger Auflösung des sterilen Geflechtes im Perithecium.

Ich gebe von der vollständig abgeschlossenen Arbeit an dieser Stelle, vorbehaltlich einer ausführlichen Mitteilung im XV. oder XVI. Teile d. W., nur einen kurzen, vorläufigen Abriss mit der ergänzenden Bemerkung, dass ich den Pilz nach dem Zerfliessen seiner Conidienträger als Lysipenicillium insigne Bref. bezeichnet habe.

Die Conidien in Reihen treffen wir bei den Conidienträgern von Aspergillus und Penicillium unter den Perisporiaceen zum ersten Male an. Die reihenförmige Anordnung der Conidiensporen kommt dadurch zustande, dass die nächstfolgende Conidie von dem Sterigma mathematisch genau unter der vorausgegangenen angelegt und dass so die nacheinander in centripetaler Folge gebildeten Conidien die vorausgegangenen hinausschieben und in Reihenform über sich tragen. In dieser örtlich so genauen Folge der nach einander gebildeten Conidien liegt ein Fortschritt gegen die bisher betrachteten Fälle von Conidienbildung. Hier erfolgte die weitere Bildung der Conidien nicht unter der früheren, sondern neben dieser, wie z. B. bei Dacryomyces, und so gruppierten sich die nach einander gebildeten Conidien zu Köpfchen, die aber zeitlich eine verschiedene Folge zeigten. Diese Bildung von Conidien in Köpfchen in seitlicher und zeitlich verschiedener Folge ist nun aber wohl zu unterscheiden von der simultanen Conidienbildung, wie wir sie z. B. bei Polyporus annosus kennen gelernt haben, bei welchem die Conidien zwar in Köpfchen angelegt werden, aber auf getrennten, sehr feinen Sterigmen in der einmaligen Bildung einer Conidie, wie sie ähnlich von den eigentlichen Basidien in simultaner Anlage erfolgt, ihren Abschluss erreichen. — Eine eigenartige Conidienbildung in Köpfchen, die wir bei den Ascomyceten nicht selten antreffen, kommt endlich noch dadurch zustande, dass die zur Seite geschobenen Conidien sich nicht zu Köpfchen ordnen, sondern abgetrennt um die letzt gebildete Conidie durch Membranvergallertung kleben bleiben. Es häufen sich so die stetig nach einander gebildeten Conidien in der zerflossenen Membransubstanz zu sporangienähnlichen Massen an, welche in Wasser leicht verteilt werden können. Diese Conidien in Köpfchenform, welche äussserlich den Sporangien ähnlich sehen, dürften zweckmässigerweise als Acrostalagmus-Conidien unterschieden werden, weil sie bei dieser Pilzform schon seit langer Zeit bekannt geworden sind.

Bei den sämtlichen Conidienformen, welche frei und offen gebildet werden, ist von vornherein mit einer Verunreinigung durch fremde Pilzkeime aus der

Luft zu rechnen. Aus diesem Grunde sind Reinkulturen mit diesen Conidien nur dann als fehlerfrei anzusehen, wenn sie von einzelnen Sporen, welche vorher durch das Verdünnungsverfahren isoliert sind, eingeleitet und mit aller Vorsicht durchgeführt werden. — Auch für die Ascensporen aus den geschlossenen Früchten der Perisporiaceen ist mit einer Verunreinigung durch fremde Pilzkeime zu rechnen, welche während der Anlage der Fruchtkörper von aussen Zutritt haben und welche nachträglich in das Hyphengeflecht der Fruchtkörper eingeschlossen werden. Mit der Auflösung des sterilen Geflechtes durch die ascenbildenden Hyphen kommen diese Verunreinigungen in das Innere der Fruchtkörper und gelangen zwischen die Ascensporen, wenn diese durch Auflösung der Ascen frei werden. Ich konnte bei den Fruchtkörpern von Penicillium diese Verunreinigung der Ascensporen in den Perithecien sicher nachweisen. Es wird auch hier bei den Formen der Lysiascineen die Isolierung der einzelnen Sporen für die Reinkultur notwendig, wenn sie als fehlerfrei gelten soll. Erst bei den Sporen der Ascomyceten, bei welchen die Sporen durch Ejaculation aus den Ascen mit Hülfe von Cytoplasma frei werden, ist in den ausgeschleuderten Sporen die Reinheit des Sporenmaterials für die Kultur gesichert. Hier ist nur notwendig, die Sporen rein aufzufangen und die Objectträger für eine möglichst beschränkte Zeit bei den Basidiomyceten unter den Fruchtkörpern, bei den Ascomyceten über den Fruchtkörpern zu exponieren und so eine beschränkte Zahl von Sporen aufzufangen. Bei frisch geholten Fruchtkörpern von Basidiomyceten und von Ascomyceten sind, unter Berücksichtigung der naheliegenden Vorsichtsmassregeln, die Verunreinigungen der abgeworfenen Sporen von aussen so gut wie ausgeschlossen.

An die Formen der Perisporiaceen schliessen sich nun auch als grösste Formen die Trüffeln, die Tuberaceen, an, welche unterirdisch leben und in ihren riesigen Fruchtkörpern, bekanntlich als Leckerbissen für verschiedene Speisen, von besonders abgerichteten Hunden in Eichenwäldern gesucht, aufgesammelt werden. In den Fruchtkörpern der Trüffeln scheint sich die Entwicklung von Penicillium glaucum gleichsam im grossen zu wiederholen.

Leider wissen wir über die Biologie der Trüffelpilze so gut wie nichts. Nicht einmal die Keimung der Sporen hat bis jetzt mit Sicherheit festgestellt werden können.[1])

[1]) Es sind bis jetzt mancherlei Mitteilungen über die Keimung der Trüffelsporen, namentlich in neuerer Zeit von Em. Boulanger erfolgt, die in der „Germination de l'ascospore echinulée de la Truffe," Paris 1906, einzusehen, aber mit Vorsicht aufzunehmen sind.

Die Sporen sind angepasst und keimen wahrscheinlich erst nach längerer Ruhe im Thermostaten aus. Es darf vermutet werden, dass die Trüffelpilze Parasiten auf Eichenwurzeln sind, dass ihre Fruchtkörper in der Erde, wie von den Menschen, so auch von den Tieren, aufgesucht und gefressen werden, und dass die Sporen also den tierischen Leib durchwandern und auf diesem Wege, gleichsam in einem lebendigen Thermostaten, für die Keimung günstig beeinflusst werden. Durch methodische Kultur- und Fütterungsversuche von Tieren mit Trüffelsporen ist ein weiterer Erfolg für Keimung und Entwicklung der Pilze zu erwarten. Vielleicht gelingt es auch ohne Mithülfe von Tieren, die Keimung der Sporen im Thermostaten zu erreichen, vielleicht sogar erst nach längerer Aufbewahrung in sterilisiertem, feuchtem Sande in einem pilzfreien Raume. Nach der Grösse der Sporen möchte man annehmen, dass Nährlösungen für die Keimung nicht notwendig, vielleicht sogar nachteilig sind und dass diese auf eigene Kosten in blossem Wasser erfolgen kann. Für erfolgreiche Versuche nach dieser Richtung sind geeignete Hülfsmittel, Raum und Zeit und namentlich ausgiebiges Sporenmaterial von reifen Trüffeln die erste Voraussetzung.

Es mag nur kurz bemerkt sein, dass die unterirdisch lebenden, grossen Ascomyceten in Trüffeln äusserlich eine unverkennbare Formübereinstimmung mit den hypogaeen Formen der angiocarpen Basidiomyceten erkennen lassen.

In den Mycelien der bis jetzt betrachteten Formen der Ascomyceten, einschliesslich der noch folgenden Formen der Pyrenomyceten und der Discomyceten, sind an den Scheidewänden keine Schnallenbildungen zu beobachten, durch welche die meisten Formen der Basidiomyceten in ihren vegetativen Zuständen ausgezeichnet sind.

Im Anschluss an die Formen der Perisporiaceen müssen wir hier kurz die Mehltaupilze, die Erysipheen, anschliessen. Sie kommen in der Natur nur parasitisch lebend vor auf den verschiedensten Nährpflanzen, auf welchen sie in den massenhaft gebildeten Conidien einen mehligen Überzug erzeugen, der vorzugsweise auf den grünen Blättern auffällig ist. Die Pilze leben nach bisheriger Annahme nur auf der Oberfläche der Nährpflanzen, auf welchen sie sich mit ihren Mycelien verzweigen und in jungen Epidermiszellen kurze Säcke von Haustorien ausbilden. Die früh befallenen Nährpflanzen werden von den Parasiten in ihrer natürlichen Entwicklung mehr oder minder stark geschädigt, wie es z. B. von der sogenannten Oidienkrankheit des Weines und der Rosen allbekannt ist. Die Mycelien erzeugen auf der Oberfläche der befallenen Nähr-

pflanzen schon früh einfache, unverzweigte Conidienträger, welche Conidien in centripetaler Richtung in Reihen, aber ohne zugespitzte Sterigmen ausbilden. Man hat die Conidien hiernach bisher fälschlich als Oidien beurteilt, mit welchen sie gar nichts zu tun haben. Ausser den Conidien werden nach dem Herbst zu Perithecien angelegt, meist an der Kreuzungsstelle von zwei Fäden, die sich fest verbinden, deren Initialzellen von sterilem Geflecht zunächt umwachsen werden, bis sich eine von diesen in dem inzwischen ausgebildeten Perithecium zu fertilen, ascenbildenden Schläuchen weiter entwickelt. Es kann bloss einer oder eine geringe Anzahl von Schläuchen gebildet werden, welche noch im Herbst ihre Sporen anlegen, dann aber einen Ruhestand in dem Perithecium durchmachen und erst im nächsten Frühjahr mit dem Aufplatzen des Peritheciums ihre inzwischen gereiften Sporen aus den Ascen mit grosser Energie ejaculieren.[1]) Es reisst hier zur Entlöschung der Sporen das Perithecium auf, ohne vorgesehene Öffnung, und ebenso werden die Sporen der Ascen mit Hülfe von reichlich übrig gebliebenem Cytoplasma ejaculiert und auf die inzwischen im Frühjahr entwickelten, jungen Nährpflanzen aufgeworfen. Die Perithecien zeigen schon deutlich eine bilaterale Ausbildung und besonders an der basalen Seite trichomatische Fadenauswüchse von bestimmter Gestalt, mit welchen die Perithecien fester an ihre Unterlage gebunden werden.

Die Kultur der Pilze in Nährlösungen hat bisher mit den unreinen, oberflächlich gebildeten Conidien noch keinen günstigen Erfolg gehabt. Es ist notwendig, die Ascensporen im Frühjahr für die Kultur in Nährlösungen heranzuziehen, die bisher bei den Versuchen fast ausser acht geblieben sind. Ebenso sind auch noch zur Ergänzung und Sicherung der parasitischen Eigenart Infectionsversuche mit den Ascensporen auf den zugehörigen Nährpflanzen in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien auszuführen.[2])

Um die Perithecienanlagen der Erysipheen aus dem Herbst zur weiteren Entwicklung im Frühjahr bringen und zur Gewinnung von reinem Ascensporenmateriale verwenden zu können, wird es notwendig, die mit Perithecien

---

[1]) Die Entwicklungsgeschichte von den Perithecien der Erysipheen ist zuerst von Tulasne und dann von de Bary beschrieben in den Beiträgen zur Morphologie der Pilze, Heft III.

[2]) Es liegt hier bis jetzt nur eine Angabe von R. Wolf vor, der bei Erysiphe graminis die Ascensporen auf den Nährpflanzen zu conidienbildenden Mycelien gefördert hat. Landwirtschaftliche Jahrbücher 1875.

reich versehenen Teile der Nährpflanzen, namentlich die Blätter, kurz vor ihrem Abfallen einzusammeln und an einem genügend gesicherten Orte frei in der Natur aufzubewahren. Wenn sie während der Dauer des Winters den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, erfolgt mit dem Frühjahr die weitere Entwicklung der Perithecien, die nun ohne Schwierigkeit rein von dem Substrate zu gewinnen sind, leicht und sicher. Auf reiner, feuchter Unterlage ausgelegt, lassen sich die Vorgänge des Aufreissens der Perithecien und die Ejaculation der Sporen aus den gereiften Ascen schrittweite verfolgen, und es ist leicht, die ausgeschleuderten Sporen vollständig rein zu gewinnen und zur Kultur heranzuziehen. Ich habe diese Beobachtungen schon in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre des vor. Jahrh. wiederholt gemacht, war nur leider nicht imstande, bei dem Mangel eines Versuchsgartens, die anschliessenden Infectionsversuche auszuführen, die auch nachträglich bei der Überhäufung mit anderen mycologischen Arbeiten unterblieben sind.

Die Formen der Perisporiaceen erreichen in den Erysipheen ihren Höhepunkt. Sie sind im allgemeinen nicht sehr zahlreich und stehen in dieser Beziehung weit zurück gegen die höheren Formen der Pyreno- und der Discomyceten. Aber schon bei der geringen Anzahl von Formen zeigt sich in den Initialfäden der Perithecien, welche zu fructificierenden Ascen in den Fruchtkörpern austreiben, die möglichste Formverschiedenheit. Bei Eurotium haben wir einen wachsstockartig eingerollten Initialfaden, bei Penicillium einen etwas gedrehten, bei Lysipenicillium einen langen, wenig gewundenen Faden und bei Erysiphe eine eiförmige Initialhyphe.

Die Erysipheen, bei welchen die Perithecien schon eine Andeutung von Bilateralität zeigen, aber noch bei ihrer Reife ohne vorbereitete Öffnung unregelmässig oben aufreissen und die Sporen aus den Ascen mit Hülfe von Cyto- oder Epiplasma ejaculieren, bilden den Übergang zu den höher differenzierten Formen der Pyrenomyceten und der Discomyceten, bei welchen die Bilateralität der Fruchtkörper zugleich mit bestimmt vorbereiteter Form der Öffnung für die Ejaculation der Ascensporen versehen sind.

Ehe wir nun aber zu diesen übergehen, wird es notwendig, hier die Formausbildung der Ascen, die Sporenbildung und ihre Entleerung aus den Ascen im Zusammenhange mit dem Bau der Fruchtkörper einer kurzen vergleichenden Betrachtung zu unter-

ziehen. Bei den Perisporiaceen sind die Fruchtkörper ganz geschlossen und zeigen keine Spur von Bilateralität. Mit ihrer Reife werden die inneren Gewebe bis auf die peridialen Schichten von den fructificierenden, gleichmässig im Fruchtkörper sich ausbreitenden, ascenbildenden Hyphen verzehrt. Die Ascen zeigen eine runde oder ovale Form, und mit der Ausbildung der Ascensporen wird alles Protoplasma des Ascus verwendet, ohne irgend welche Reste von Cyto- oder Epiplasma. Die Sporen werden aus den Ascen frei durch Auflösung der Ascenwände, und als Endresultat der Entwicklung eines Peritheciums haben wir eine Peridie, welche die Masse der Ascensporen umschliesst. Mit der Ausbildung des Peritheciums mit seinen Ascen sind keinerlei Hülfsmittel für eine Ejaculation der Ascensporen und für die Verbreitung der Sporen selbst vorgesehen.

Für die Formen der Perisporiaceen, bei welchen die Sporen durch Auflösung der Ascenwände frei werden, wäre eine besondere Bezeichnung als Lysiascineae berechtigt. Es würde durch diese Bezeichnung die Gruppe der Formen unter den Perisporiaceen charakterisiert sein nach der Befreiung der Sporen aus den Ascen, welche ohne alle Hülfsmittel von Cytoplasma, nicht durch Aufplatzen des Schlauches, sondern durch Auflösung der Ascenwände, natürlich herbeigeführt wird. — Das Bedürfnis für die Abgrenzung der Formen in diesem Sinne hat auch schon Schröter empfunden, der für sie den Namen „Plectascineae“ gewählt hat (Pilzflora von Schlesien).

Bei den Erysipheen zeigt sich zum ersten Male eine Bilateralität in der Ausbildung der Perithecien, aber noch ohne vorgesehene Öffnung für eine Sporenentlöschung der Ascen. Die Ascen haben nicht mehr eine rundliche, sondern schon flaschenförmige Gestalt. Mit der Bildung der Sporen bleiben grosse Mengen von Cyto- oder Epiplasma zurück, welche durch Wasseranziehung das Aufplatzen der Schläuche und die Ejaculation der Sporen herbeizuführen bestimmt ist.

Für die mit Hülfe des hier gebildeten Epiplasmas ejaculierten Sporen ist aber noch keine bestimmte Stelle örtlich an der Spitze vorgesehen. Diese letzte Steigerung in der Ejaculation der Ascensporen mit Hülfe des Epiplasmas findet sich erst weiterhin bei den Ascen der höchsten Ascomyceten, der Pyreno- und der Discomyceten vor. Hier ist die Bilaterialität in der Formbildung der Fruchtkörper, namentlich auch in einer im Entwicklungsgange vorgesehenen, natürlichen Art der Öffnung der Perithecien scharf ausgeprägt; die Ascen haben eine lange, cylindrische Gestalt, sie entwickeln sich nicht mehr all-

seitig im Perithecium, sondern einseitig nach dessen Öffnung hin gerichtet, und an ihrem oberen Ende ist meist deckelartig eine Öffnung vorgesehen, aus welcher nun die Ejaculation der Sporen an der Spitze mit Hülfe des Epiplasmas erfolgt.

Die Veränderung in der Formbildung des Ascus von der rundlichen Form ohne Epiplasma bei den Perisporiaceen und der Sporenbefreiung durch Auflösung der Ascenwand nach der flaschenförmigen Gestalt bei den Erysipheen mit reichlichem Epiplasma und der Entleerung der Sporen durch Aufplatzen der Ascenwand und endlich der cylindrischen Formbildung der Ascen mit vorgesehener, apicaler Öffnung für die Entlöschung der Sporen durch Ejaculation mit Hilfe des Epiplasmas, lässt sich hier in der wohlgegliederten, systematisch aufsteigenden Reihe Schritt für Schritt im Zusammenhange mit der sich steigernden Formausbildung der Fruchtkörper auf das klarste verfolgen und daraus der Nachweis erbringen, dass für den Wert des Ascus weder die Form, noch die Art der Entleerung der Sporen, noch die Bildung von Epiplasma, noch auch die vorgesehenen Öffnungen für die Entlöschung der Sporen von irgend welcher morphologisch entscheidender Bedeutung sind. Sie sind nur sekundäre Modificationen in der Ausbildung des Ascus, welche für seine morphologische Wertbestimmung an sich nicht in Betracht kommen können. Dieser Wert ist vielmehr allein in der bestimmten Zahl der Sporen gegeben, wie dies im Vergleiche zum Hemiascus und zum Sporangium unzweideutig hervortritt.

Es mag noch kurz bemerkt sein, dass bei den Formen der Exoasci eine Sporenejaculation aus den Ascen allgemein besteht, dass wir bei *Saccharomyces* und Ascoidea *unter den Hemiasci* keine Ejaculation der Sporen, bei Ascoidea aber schon die Bildung von körnigem Epiplasma in grosser Menge vorfinden und dass bei Protomyces endlich ein Wasser anziehendes Epiplasma vorkommt, welches hier die Sporen des Hemiascus durch energische Ejaculation zur Entlöschung bringt.

Greifen wir über die Hemiasci hinaus auf die Sporangien tragenden, niederen Pilze noch weiter rückwärts, so finden wir zunächst bei den oogamen Formen der Pilze, die noch wenig terrestrisch ange-

passt sind, Sporangien mit aufquellendem Epiplasma für die Entlöschung der Sporen resp. der Zoo-Sporen, ähnlich wie bei den Algen, vor. Gehen wir von den oogamen Formen der Pilze dann zu den terrestrisch mehr angepassten, isogamen Formen der niederen Pilze über, so haben wir zunächst noch zerfliessende Sporangienmembranen und Sporangien mit aufquellendem Epiplasma, welches die Sporen auf Wasser energisch auseinander treibt und welches in Mucor mucilagineus die höchste und massigste Ausbildung erreicht hat.[1]) Nur bei den Formen der Gattung[2]) Pilobolus erfolgt eine Abschleuderung der ganzen Sporangien, an welchen schon vorher bestimmt vorgesehene Aufquellungsschichten die Ablösung vom Träger vorbereiten. Darüber hinaus sind die Sporangien weiterer Formen terrestrisch angepasst und verstäuben trocken durch die Luft nach Zerbrechen der Sporangienmembranen ohne Ausbildung von Epiplasma, wie z. B. bei Rhizopus und Circinella.

Die Vertreter der überaus formenreichen Abteilung der Pyrenomyceten sind überall in der Natur anzutreffen. Sie leben auf allen möglichen Substraten. Die mistbewohnenden Formen sind besonders häufig anzutreffen und leicht durch Auslegen der Fäkalien von kräuterfressenden Tieren unter einer Glasglocke in relativer Reinheit zu gewinnen. — Nicht minder verbreitet kommen die auf abgestorbenen Pflanzenteilen, auf Achsen und Reisig lebenden Formen, namentlich in waldigen Gegenden, vor. — Verhältnismässig gering, aber doch noch reich an Formen sind die parasitisch lebenden Pyrenomyceten, welche die verschiedensten Pflanzenformen und die verschiedensten Teile an diesen bewohnen und oft auffällige Krankheitserscheinungen, wie die des Mutterkornes beim Getreide, hervorrufen. — Auch insektenbewohnende Vertreter liegen in den Formen von Isarien resp. von Cordyceps und von Botrytis Bassiana, dem Pilze der Seidenraupe, vor. — Die Perithecien der Pyrenomyceten treten meistens einzeln auf den Mycelien auf, mit Ausnahme der stromatischen Formen. z. B. der Hypocreaceen, in Claviceps, Cordyceps, Ustilaginoidea etc., bei

[1]) Die Abbildungen von Mucor mucilagineus und auch von M. Mucedo mit der Sporenentleerung aus den Sporangien mit Hülfe von reichlich vorhandenem Epiplasma sind in den Figuren auf Tafel II des ersten Teiles und auf Tafel IV des vierten Teiles d. W. einzusehen.

[2]) Die Organisation des Sporangiums mit einem Quellkragen für die Abtrennung vom Fruchtträger und ebenso die spätere Abschleuderung bei Pilobolus ist von mir beschrieben und abgebildet in dem IV. Teile d. W. pag. 60, Tafel VI.

welchen fruchtkörperähnliche Bildungen zur Erscheinung kommen, die häufig in Köpfchen die Perithecien in bestimmter Orientierung in grosser Zahl und in bestimmter Anordnung im Stroma ausbilden.

Die meisten Formen der Pyrenomyceten besitzen Nebenfruchtformen in Conidien, welche sich nicht selten durch Spaltung in 2 oder mehrere Formen vermehrt haben. Wir können hier Microconidien und Macroconidien bei ein und derselben Form unterscheiden, weiterhin kommen Conidien in einfachen Trägern in Coremien, oder auch in lagerartiger Verbindung der Fruchtträger vor, sogar in fruchtkörperartiger Gestaltung in Pycniden und endlich die Ausbildung echter Pycniden in Fruchtkörpern von bestimmter Anlage aus Initialzellen einzelner oder verbundener Fäden zu echten Gewebekörpern entstanden, welche an den innersten Zellen Conidien ausbilden und diese aus einer besonders gebildeten Öffnung entlassen.

Die Ausbildung von Chlamydosporen tritt gegenüber den Conidien zurück. Sie ist in echter Chlamydosporenform mit direkter fructificativer Auskeimung der Sporen nur in wenigen Fällen sicher beobachtet, z. B. bei dem vermeintlichen Brande des Reis und der Hirse, Ustilaginoidea Oryzae und Setariae[1]) und bei Geminella Delastrina[2]) in den Fruchtknoten von Veronicaformen, weiterhin bei den Formen der artenreichen Gattung Hypomyces,[3]) welche die grossen Fruchtkörper der Schwämme parasitisch bewohnt.

Dagegen ist eine direkte Vermehrung der Conidien in Hefenform[4]) einzeln schon bei der Keimung der Ascensporen im Ascus, häufiger ausserhalb des Ascus bei der Keimung der Sporen in Nährlösungen zu beobachten.

---

[1]) Die Entwicklungsgeschichte des Reisbrandes und des Setariabrandes ist von mir in einer vorläufigen Mitteilung im Botanischen Centralblatt (Band LXV), Kassel 1896, und kurz vorher Ustilaginoidea Oryzae und Setariae im XII. Teile d. W., pag. 194—202 und auf Tafel XII, Münster 1895, veröffentlicht worden. Die ausführliche Mitteilung wird erst im XV. Bande erfolgen.

[2]) Die erste Mitteilung über Geminella ist in dem V. Teile d. W. bereits vor mehr als 20 Jahren veröffentlicht. Eine Ergänzung zu dieser Veröffentlichung wird wahrscheinlich schon im nächsten Bande d. W. Brandpilze V erfolgen können.

[3]) Über Hypomyces sind die näheren Einzelheiten im X. Bande d. W. pag. 182—189 einzusehen. Die ältere Literatur findet sich in der Carpologia von Tulasne.

[4]) Die hefebildenden Formen unter den carpoascen Ascomyceten sind in zahlreichen Fällen im X. Teile d. W. ausführlich behandelt.

Es ist eine besondere Aufgabe, bei den Formen der Pyrenomyceten (ebenso auch der Discomyceten) die zugehörigen Nebenfruchtformen der einzelnen Pilze aufzufinden und durch Kultur sicher festzustellen. Für dieses Ziel der Untersuchungen gibt es nur einen natürlichen Ausgangspunkt, nämlich die Kultur der Ascensporen, also die Kultur der Sporen von der höchsten Fruchtform dieser Pilze zu verfolgen. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass durch die Kultur dieser Sporen, also der Ascensporen, wenn sie mit genügender Vorsicht und Sicherheit gegen alle Fehlerquellen ausgeführt wird, zumeist mit Leichtigkeit die zugehörigen Nebenfruchtformen in die Erscheinung treten und hierdurch ihre Zugehörigkeit über jeden Zweifel hinaus gesichert werden kann. Die Sporen der höchsten Fruchtformen gehen in der Kultur in Nährlösungen leicht zur Bildung der zugehörigen Nebenfruchtformen über, dagegen gelingt es nur schwierig und seltener. die Nebenfruchtformen in der Kultur zur Ausbildung der höchsten Fruchtformen in Ascen zu steigern. Die umfangreichen Untersuchungen, welche ich in Verbindung mit meinem Schüler und Assistenten Dr. von Tavel im Laufe mehrerer Jahre ausgeführt und in dem zehnten Bande meines Werkes niedergelegt habe, legen beredtes Zeugnis ab für die günstigen Erfolge, welche auf diesem Wege schon erreicht worden sind. — Am Abschlusse der gemeinsamen Arbeiten, welche ich mit Herrn Dr. von Tavel ausgeführt und l. c. des X. Teiles d. W. veröffentlicht habe, findet sich für die Orientierung der bei den Pyreno- und Discomyceten vorkommenden Nebenfruchtformen eine besondere Abhandlung „Vergleichende Betrachtung der Fruchtformen der Ascomyceten" pag. 341—354, in welcher die Nebenfruchtformen, welche durch die Kultur der Ascensporen gewonnen und über jeden Zweifel hinaus sicher gestellt werden konnten, zusammen gefasst und vergleichend behandelt worden sind.

Leider wurden damals die Arbeiten durch den Fortgang des Dr. von Tavel eingeschränkt, der sich an einer Universität seiner heimatlichen Schweiz niederlassen wollte. Die Wiederaufnahme dieser Untersuchungen mit der gegebenen Fragestellung und Untersuchungsmethodik wird zweifellos noch weitere, wichtige und ergänzende Resultate zeitigen. — Die erst in neuerer Zeit herausgegebenen Formen der Fungi imperfecti lassen erkennen, wie gross die Zahl der noch verwaisten Conidienformen ist, die noch ihren Anschluss an die zugehörigen Perithecien resp. die höchste Fructification in Ascen finden müssen.

Für die Kultur dieser Pilze sind also die Ascensporen der einzig richtige und natürliche Ausgangspunkt. Es ist leicht, die Sporen aus den Ascen rein zu gewinnen, da sie mit Hülfe von Cytoplasma aus den Ascen ejakuliert werden und bei geeigneter Vorsicht rein aufzufangen sind. Man lässt die Perithecien resp. die Ascen in diesen ihre Sporen am besten von unten nach oben ejaculieren, um sie zuverlässig rein zu bekommen. Der Vorsicht halber müssen die gereiften, sporenwerfenden Perithecien auf den Substraten so ausgelegt werden, dass alle übrigen, etwa in der Umgebung vorhandenen Formen durch Papier maskiert sind, also ihre Sporen nicht gleichzeitig mit entlöschen und Verunreinigungen abgeben können. Auf besonderen Zinkleiterchen lässt sich auf jeden einzelnen Fall mit geringen, angepassten Variationen das Auffangen der Sporen von unten nach oben an sterilisierten Objectträgern unschwer erreichen. Die Ascensporen sind fast immer leicht keimfähig. Sie keimen und gedeihen bald in Mistdecoct, bald in Bierwürze, bald in Pflaumendecoct am besten. Je nach Umständen kann man Mischungen der zuckerreichen Auszüge mit Mistdecoct anwenden. Die Kulturen werden ausserordentlich üppig, und wenn der Objectträger nicht mehr ausreicht, kann man sie leicht auf Massensubstrate von Mist und gedüngtem Brote oder von Früchten und auch von Sägespänen, die mit Nährlösungen gedüngt sind, übertragen. In den minder zahlreichen Fällen werden Perithecien direkt wieder gebildet, namentlich dann, wenn die Nebenfruchtformen rudimentär geworden sind und sogar nur in den verdünntesten Nährlösungen noch zur Erscheinung kommen, z. B. bei den Formen von Sordaria und Chaetomium. In den meisten Fällen überwiegt aber die Bildung der Nebenfruchtformen in den verschiedenen Conidien und in Pycniden etc., und wenn dies der Fall ist, gelingt es schwerer oder gar nicht, die Perithecien wieder zu erreichen. Auch in der Natur ist die Perithecienbildung, namentlich bei parasitisch lebenden Pilzen, nicht unmittelbar, sondern meist nur in bestimmter Jahreszeit, oft nur an den bereits abgefallenen Pflanzenteilen, z. B. bei Polystigma, Fumago etc. zu beobachten. Die Kultur der Pyrenomyceten lässt sich, wie eben beschrieben, von rein aufgefangenen Ascensporen leicht und ohne Störung ausführen. Das gleiche gilt aber nicht von Kulturen, welche mit den Sporen der Nebenfruchtformen, also mit Conidien, eingeleitet werden. Die frei gebildeten Conidien von Fruchtträgern oder von Fruchtlagern sind meist schon durch fremde Pilzkeime aus der Luft verunreinigt. Hier wird die äusserste Vorsicht notwendig, um Irrtümer zu vermeiden. Es müssen die

Kulturen aus den einzelnen Conidien nach den früher angegebenen Verdünnungsverfahren eingeleitet werden, wenn sie als fehlerfrei gelten sollen. Nur aus geschlossenen Fruchtlagern in Pycniden und aus den Fruchtkörpern echter Pycniden sind die Conidiensporen meist leichter rein zu gewinnen und darum für die Kultur geeigneter. -- Es kommt hier für die Kultur aus Conidien noch der besondre Umstand in Betracht, dass sich in der Conidien-Fructification gleich scharfe Merkmale in der Formbildung nicht immer ausprägen, wie sie in der Ascen-Fructification gegeben sind. Es kommen ähnliche Conidien-Formen bei durchaus verschiedenen Ascomyceten, also als Nebenfruchtformen zu den verschiedenen Ascenfrüchten vor.

Die parasitisch lebenden Pyrenomyceten sind ausnahmslos, so weit meine Erfahrungen reichen, in Nährlösungen kultivierbar. Die typisch angepassten Parasiten, z. B. vom Mutterkornpilze, von Claviceps, die insektenbewohnenden Isarien, Cordyceps etc. machen hiervon keine Ausnahme. Auch die falschen Brandpilze der Formen von Ustilaginoidea und Geminella sind der Kultur ausserhalb ihrer Wirte auf das Leichteste zugänglich.

Zur Ausführung von Infectionsversuchen bei den parasitisch-lebenden Pyrenomyceten kommen zweckmässig die schon früher angegebenen Methoden zur Verwendung; die Uebertragung der Infectionskeime geschieht am besten mit Hülfe des Pulverisators, bald in Wasser, bald in verdünnter Nährlösung. Es kommt hier alles darauf an, festzustellen, in welchen Entwicklungsstadien die Nährpflanzen am empfänglichsten für die Infectionskeime sind. Bei Blätter und Achsen bewohnenden Formen trifft es fast immer zu, dass jugendliche Stadien der zugehörigen Nährpflanzen mit noch nicht erhärteten Geweben den Infectionskeimen am zugänglichsten sind. Man kann das Eindringen der Keime bald nach der Infection meist sicher verfolgen, entscheidend ist aber immer das Auftreten der betreffenden Krankheitserscheinung an den inficierten Pflanzenteilen. — Bei insektenbewohnenden Formen, z. B. bei Cordycepsarten, ist die Infection der Insekten, namentlich der Raupen, äusserlich leicht auszuführen, und die Eindringstellen des Pilzes markieren sich in vollendeter Deutlichkeit durch eine Bräunung in dem dicken Chitinpanzer. Auch die Entwicklung der eingedrungenen Infectionskeime, zunächst im Blute der Raupen, ist leicht zu beobachten, ebenso auch das weitere Vordringen des Pilzes bis zum Tode der Raupen und die spätere Eruption des Pilzes bald in Isaria-Conidien, bald in Cordycepsfruchtkörpern. — Bei dem Mutterkorne, also bei Clavicepsformen und

bei den Formen von Ustilaginoidea findet die Infection in den Blüten, resp. der jungen Fruchtknoten der zugehörigen Getreideformen statt. Es lassen sich hier die Blüteninfectionen, namentlich bei dem Roggen bewohnenden Mutterkorn, wo sich die Blüten sehr weit öffnen, mit der grössten Leichtigkeit ausführen. Es treten immer zuerst in den befallenen, jungen Fruchtknoten die Conidienformen und dann weiterhin die Bildung der Sclerotien ein, welche nach Überwindung des Dauerzustandes die prachtvollen Fruchtkörper von Claviceps purpurea hervorbringen. Bei der Ustilaginoidea auf Reis und auf Hirse sind die Versuche nach dem Schema des Mutterkornes leicht auszuführen; sie ergeben hier zunächst die massenhafte Bildung von Chlamydosporen, die aussehen, wie Brandsporenlager und dann erst die Bildung von Sclerotien, die zu den Keulensphaerien auskeimen und aus den fadenförmig langen sich zergliedernden Ascensporen die zugehörigen Conidien hervorbringen. Beide Pilzformen sind in Nährlösungen leicht und üppig zu kultivieren.[1])

Nur bei kleineren Formen der Pyrenomyceten sind in ein paar Fällen mit der ersten Anlage der Perithecien die später fructificierenden, also ascenbildenden Initialfäden von schraubenförmiger Gestalt, ähnlich wie bei Aspergillus repens, unterschieden worden. Schon bei den grösseren Formen der Pyrenomyceten sind aber diese Initialfäden nicht mehr unterscheidbar. Bei den stromatischen Formen, namentlich bei den Hypocreaceen, haben die sorgfältigsten Untersuchungen nach dieser Richtung nichts ergeben. Man ist hier auf die längst bekannte Tatsache beschränkt, dass in den fertigen Fruchtkörpern im Beginn der Fructification die ascenbildenden Hyphen sich als differentes Fadensystem von den sterilen Hyphenendigungen unterschiedlich abheben.

Die Discomyceten (einschliesslich der Hysteriaceen) sind in ihren Formen noch mannigfaltiger, wenn auch nicht so zahlreich, wie die Pyrenomyceten und finden sich in der Natur allgemein verbreitet vor. Ein Teil von

---

[1]) Die Literatur über die Pyrenomycetenformen aus den letzten fünfzig Jahren lässt sich hier nicht einzeln anführen. Sie findet sich in allen möglichen Werken und Zeitschriften zerstreut, namentlich in der Carpologia von Tulasne. Die meisten diesbezüglichen Angaben sind vermerkt in dem X. Teile d. W. und dort zugleich mit der älteren Literatur einzusehen. Die Untersuchungen über Ustilaginoidea Oryzae und Setariae sind erst vorläufig l. c. im Botanischen Centralblatte publiciert und teilweise angeführt in dem XII. Teile d. W. bei den Brandpilzen III.

ihnen ist mistbewohnend, andere finden sich an totem Reisig, Holz und Rinde bewohnend, und nicht gering ist die Zahl der Formen, welche parasitisch leben. Zu diesen kommen nun noch, in der Formbildung am höchsten gesteigert, die erdbewohnenden Discomyceten, welche in den grossen Fruchtkörpern von Peziza, von Helvella und Morchella etc. den Höhepunkt erreichen. Es ist leicht, von den Fruchtkörpern der verschiedensten Discomyceten die Ascensporen rein aufzufangen und für die Kultur in Nährlösungen und in anderen Substraten heranzuziehen. Die Ascen schleudern ihre Sporen mit grosser Energie aus, und ihre Reingewinnung wird noch erleichtert durch die grössere, freie Fläche des Hymeniums der Fruchtkörper, welche die Sporen auswerfen. Die mistbewohnenden Formen keimen am besten aus in Mistdecoct mit einem geringen Zusatz von Bierwürze. Es ist aber in einzelnen Fällen, z. B. bei den Formen von Ascobolus, die Anwendung höherer Temperaturen resp. des Thermostaten notwendig, um die Keimung zu erreichen. Der tierische Leib vertritt in der Natur für die Keimung und für die Entwicklung dieser Formen auf Mist gleichsam den Thermostaten, und wir können direkt den Beweis führen, dass die durch den Leib der Tiere gewanderten Sporen für ihre Keimung günstig beeinflusst werden. Für die Kultur von Ascobolusformen gewinnt man das Ausgangsmaterial in Ascensporen am besten durch Auslegen von Kuhmist (auf der Unterlage von Sägespänen), auf welchem, ungestört von grösseren Formen der Mucorineen, die allerverschiedensten Formen von Ascobolus zu üppiger und fast reiner Entwicklung kommen. Mit den leicht aufzufangenden Ascensporen der Fruchtkörper müssen dann die Kulturen in Mistdecoct im Thermostaten eingeleitet werden. — Holz- nnd rindebewohnende Formen der Discomyceten sind auf das leichteste zur Keimung zu bringen, bald schon in Bierwürze allein, bald in etwas saurem Pflaumendecoct; ein Zusatz von Mistdecoct wirkt auch hier in einzelnen Fällen für den Verlauf der Kultur günstig ein. — Die parasitisch lebenden Discomyceten sind, so weit meine Untersuchungen reichen, in allen Fällen facultative Parasiten. Sie leben zwar in der Natur auf ihren bestimmten Wirten, lassen sich aber auf das leichteste in den genannten Nährlösungen, Mistdecoct, Pflaumendecoct und Bierwürze oder in Mischungen von diesen, kultivieren. Als besonderes Beispiel mögen hier die Formen der Gattung Sclerotinia angeführt sein, welche gleich den Mutterkornpilzen bei den Pyrenomyceten durch Dauermycelien, durch Sclerotien, ausgezeichnet sind, durch deren Vermittlung die Bildung der Apothecien, der Ascenfrüchte, erfolgt. Von Sclerotinia Sclero-

tiorum, welche, ziemlich verbreitet, an Achsen und Wurzeln von Topinambur und auch an anderen Nährpflanzen eine häufige Erscheinung ist, habe ich schon im Jahre 1876 die üppigsten Kulturen in Massensubstraten aus den Mycelfäden dieser Pilze, welche frei aus den Wirten heraustraten, erreicht. (Vergl. den I. Teil des vorliegenden Bandes pag. 59 - 60.) Kiloweise lassen sich hier die Sclerotien in allen Grössen herstellen, die schon an den üppigen Mycelien unter starker Wasserausscheidung in Tropfen nach zwei bis drei Tagen auftreten. Aus den Sclerotien, welche in steriliertem, feuchtem Kiessande ausgelegt sind, keimen ebenso schon nach einigen Wochen die Keulenanlagen aus, welche sich nach oben zum Becherpilze erweitern. Auch von beliebigen anderen Formen der Gattung Sclerotia, z. B. Scl. tuberosa, Scl. ciborioides etc., sind die Kulturen in gleicher Üppigkeit und mit dem gleichen Erfolge leicht durchzuführen. Die in den Beeren von Vaccinien und Prunusformen lebenden Sclerotinien sind ebenfalls leicht kultivierbar. Bei ihnen sind die Sclerotien auf Zeitdauer angepasst und keimen gewöhnlich mit dem Wiederbeginn der neuen Vegetationsperiode resp. zur Blütezeit der Nährpflanzen aus, welche in den Blüten durch die ausgeworfenen Ascensporen inficiert werden.

Von den grossen, schönen Formen der erdbewohnenden Discomyceten sind eine Anzahl keimfähig in ihren Sporen, z. B. Helvella, Morchella, Spathulea etc.; andere dagegen, wie z. B. Leotia, Geoglossum und viele prächtige Pezizen, wie P. aurantiaca, P. leporina, keimen nicht unmittelbar aus, sie sind schon nach dem periodischen Auftreten der Fruchtkörper zweifellos auf Keimzeit angepasst und bedürfen der längeren Aufbewahrung der Sporen in sterilisiertem Sande, bis die Keimung erfolgt. Andere, ebenfalls sehr grosse Pezizaformen, z. B. P. cerea, P. vesiculosa etc., die im Laufe des Sommers in beliebiger Zeit auftreten, keimen dagegen in Nährlösungen, Pflaumendecoct, Bierwürze mit Mistdecoctzusatz, auf das leichteste aus. Man trifft hier nur mitunter widerspenstige Sporen bei einzelnen Fruchtkörpern an, die wahrscheinlich etwas vor der vollendeten Reife und zuerst ausgeworfen sind, welche nicht keimen wollen, während die später ejaculierten Sporen desselben Fruchtkörpers auf das leichteste auskeimen.

Es ist bei diesen grossen Formen der Discomyceten auffällig, dass sie meistens arm an Nebenfruchtformen sind, und dass diese, wie bei Helvella und Morchella, gar nicht auftreten oder nur mit oder bald nach der Keimung der Sporen, wie bei Peziza vesiculosa und bei Spathulea, hier nur in den ersten

Stadien der Auskeimung der Ascensporen zur Erscheinung kommen, später zurücktreten. Für die meisten Formen ist aber hier die Untersuchung noch zu ergänzen, da die nicht keimfähigen Sporen erst keimfähig gemacht werden müssen. Es hat hier fast den Anschein, als ob mit der bevorzugten Entwicklung in der Form und Grösse der Ascusfrüchte die Nebenfruchtformen zurückgetreten sind, wie wir es in gleicher Art bereits in der homologen Basidienreihe bei den grössten Formen der Autobasidiomyceten angetroffen haben. — In diesen grossen Fruchtkörpern der Discomyceten kehren die Formgestaltungen in besonders auffälliger Weise wieder, welche wir bei den Fruchtkörpern der Basidiomyceten in den Formen der Clavarieen, Thelephoreen und auch der Hutpilze kennen gelernt haben. Man muss bei den Fruchtkörpern von Clavaria, Geoglossum, Leotia, Spathulea etc. und auch von Helvella und Morchella erst durch Untersuchung der Hymenien sicher feststellen, ob man es mit einem Basidiomyceten oder mit einem Ascomyceten zu tun hat; so gross ist die äussere Formübereinstimmung in den Fruchtkörpern beider Typen.

Freilich treten hier die Effigurationen des Hymeniums, welche die verschiedenen Formen der Autobasidiomyceten auszeichnen, nicht oder nur in Andeutungen in die Erscheinung. Nur bei der Gattung Morchella haben wir ein schwach effiguriertes Hymenium, welches von fern an die wabenartigen Bildungen von Merulius erinnert. — Die charakteristischen Ausgestaltungen des Hymeniums, wie wir sie in Stacheln, Poren und in Blättern bei den grossen Fruchtkörpern der höchsten Basidiomyceten, in den Formen der Hydneen, der Polyporeen und der Agaricineen kennen gelernt haben, in welchen die möglichste Verbreiterung der hymenialen Fläche auf einem gegebenen, beschränkten Raume erreicht wird, sind bei den Formen der Discomyceten bisher nicht bekannt.

Wenn wir die beiden homologen Formenreihen der Ascomyceten einerseits und der Basidiomyceten andererseits in ihren Basidien- resp. Ascenfrüchten vergleichen, so können wir im allgemeinen aussagen, dass die Ascomyceten in ihren kleineren Formen reicher und mannigfaltiger vertreten sind, wie die der Basidiomyceten, dass dagegen die letzteren in ihren grossen Formen eine morphologische Steigerung und Mannigfaltigkeit erreicht haben, gegen welche die Ascomyceten weit zurückbleiben. Ob nun aus diesem Grunde die Basidiomyceten als ältere Formen anzusehen sind, mag hier als harmlose Erwägung dem Urteile des Einzelnen überlassen bleiben. — In den Formen der verschiedenen Pezizen, z. B. Bulgaria inquinans etc. finden wir wiederum Formübereinstimmungen mit

den Fruchtkörperbildungen der Protobasidiomyceten, namentlich der Tremellineen und auch der Caloceraformen in Guepinia bei den Autobasidiomyceten. Mit abnehmender Grösse der Fruchtkörper treten diese Formanklänge zurück, und gleichzeitig finden wir mit abnehmender Grösse den grösseren Reichtum in den verschiedenen Nebenfruchtformen vor.

Es kehren nun weiter bei den Discomyceten so ziemlich die Bildungen der Nebenfruchtformen wieder, welche wir schon bei den Pyrenomyceten kennen gelernt haben: Conidienträger in einer oder in mehreren Formen mit reihenweiser oder köpfchenförmiger Anordnung der Sporen, mit kleinen, keimschwachen oder mit grösseren keimfähigen Conidien in Micro- und in Macroconidien, Verbindungen von Conidienträgern zu Coremien, Conidienlagern, Conidienfrüchten in Pycnidenform und Conidien in echten Pycniden.[1]) Daneben treten die Chlamydosporen nur sehr vereinzelt in die Erscheinung, in Oidienform bei Ascobolusarten und in echten Chlamydosporen bei einigen Sclerotinien, z. B. Sclerotinia Baccarum[2]) und bei einer Anzahl von Formen, bei welchen die Mycelien in ihren Gliederzellen zu sporenähnlichen Daueranlagen werden, wie z. B. bei den dematiumbildenden Formen.

Mit den Kulturen von Ascobolusformen wird es auch unzweifelhaft gelingen, die bisher noch ungelöste Frage über den kuhmilchbewohnenden Pilz, Oidium lactis, zu entscheiden. Ich habe nachgewiesen, dass die Ascobolusformen in der Kultur reichlich Oidien bilden. Diese Oidienbildung wird auch in den Ställen der Kühe vor sich gehen, und es natürlich mit sich bringen, dass die Oidienkeime von dem Euter der Kühe auf die Milch geraten. Die Kultur der einzelnen Ascobolusformen wird bald ergeben, welche von diesen das Oidium lactis als Nebenfruchtform bildet. Ich selbst habe, ehe ich die Fragestellung hinreichend scharf präzisieren konnte, diese Kulturen nicht mehr ausführen können, welche zudem in grösseren Städten, bei dem Mangel an Kuhställen, nicht so leicht ausführbar sind. Da das Oidium lactis von der Milch durch weitere Kultur

---

[1]) In unseren gemeinschaftlichen Untersuchungen über die Kultur der Discomyceten sind von mir und F. von Tavel die zahlreichen Einzelheiten über die Nebenfruchtformen der Discomyceten im X. Teile d. W. niedergelegt und in der Abhandlung „Vergleichende Betrachtung der Fruchtformen der Ascomyceten“ besonders besprochen worden.

[2]) Die Untersuchungen über die Sclerotinienformen bei den Ericaceen und bei Amygdalaceen sind von Woronin in den Mémoires de l'Académie St. Petersbourg, VII. Série, Tome XXXVI, mitgeteilt worden.

in Nährlösungen bis jetzt nicht in die höhere Fruchtform von Ascobolus zurückgeführt werden konnte, so bleibt nur übrig, die Oidienfrage durch die Kultur der Ascensporen von Ascobolus von neuem in Angriff zu nehmen, und, wie ich nicht zweifele, der Lösung zuzuführen. Daneben müssen auch die Kühe, zugleich mit dem Futter, Oidienkeime zugeführt bekommen, welche nach dem Durchgange durch den tierischen Leib in den Fäkalien der Kühe wieder zur Bildung von Ascobolusfrüchten übergehen dürften.[1])

Das Auftreten der Conidien erfolgt in einzelnen Fällen auch hier schon mit den ersten Keimungserscheinungen der Ascensporen im Ascus selbst. Die Ascensporen, bald direkt, bald erst nach vorausgegangenen Teilungen, erzeugen Conidien, welche mitunter den ganzen Ascus ausfüllen. Bei Spathulea treten dieselben Keimungserscheinungen erst nach der Ejaculation der Ascussporen ein, und hier werden nun die keimschwachen Conidien an den Teilzellen der Sporen in einfachen Köpfchen nur einmal gebildet, nachträglich an den austreibenden Mycelfäden nicht wieder. Diese frühe Bildung von Conidien an den Sporen erinnert lebhaft an die keimenden Sporen von Dacryomyces und von Tremellineen.[2]) In anderen Fällen werden die Conidien im weiteren Verlaufe an den Mycelien einzeln, unregelmässig und nicht an Conidienträgern gebildet. Die Conidien vermehren sich auch durch direkte Sprossung in Hefenform, schwellen in einzelnen Fällen nachträglich zu grösseren Zellen an, welche sich weiter teilen können und die Conidienaussprossung fortsetzen, bis endlich die Membranen sich bräunen, die Conidienbildung aufhört und Zellencomplexe entstehen, welche in ihrer Formbildung den Chlamydosporen ähnlich erscheinen. Wir treffen diese Bildung einfacher Conidien in Dematium-Form namentlich auch bei den Pyrenomyceten an.

---

[1]) Es mag hier noch die Bemerkung Platz finden, dass, abgesehen von den Ascobolusformen, auch auf dem sehr weichen, wasserreichen Kuhmiste der Coprinus stercorarius ganz besonders üppig gedeiht. Will man die Sclerotien dieses interessanten, kleinen Hutpilzes leicht und sicher für die Kultur gewinnen, so braucht man nur Kuhmist auszulegen, aber immer auf der Unterlage von Sägespänen, und man hat in längstens vierzehn Tagen die Sclerotien des Pilzes mit voller Sicherheit.

[2]) Hier sind die Abbildungen über die Tremellineenformen in dem VII. Teile d. W. einzusehen. Die angeführten Einzelheiten aus der Kultur von Spathulea habe ich bisher noch nicht veröffentlicht.

Man war über den Ursprung dieser sogenannten Dematium-Formen so lange zweifelhaft, bis ich in Gemeinschaft mit Dr. von Tavel den Nachweis führte, dass sie die Entwicklungsglieder einzelner Formen von Pyrenomyceten und Discomyceten sind, aus deren Ascensporenkeimung und ihrer Entwicklung sie direkt und sicher abgeleitet werden konnten.[1])

Auch die Bildung von echten Pycniden konnte hier in einzelnen Fällen mit der Keimung der Ascensporen an den Mycelien, in noch einfacheren Fällen aus den einzelnen Ascensporen selbst unmittelbar und sicher beobachtet, und hierdurch diese Pycnidenformen als zugehörige Nebenfruchtform der einzelnen Ascomyceten nachgewiesen werden. Zweifellos kommt in diesen Pycniden in ihrer fruchtkörperartigen Bildung und in ihrer äusseren Formübereinstimmung mit den Ascusfrüchten die höchste Steigerung der Conidienfructification zur Erscheinung, welche bei den Ascomyceten besteht.[2])

Die sämtlichen Conidienbildungen, sowohl der Pyrenomyceten wie der Discomyceten sind keimfähig. Wenn in einzelnen Fällen die Keimung nicht unmittelbar eintritt, so lässt sich leicht erweisen, dass in den homologen Conidien anderer Fälle die Keimung sicher erfolgt. Ebenso lässt sich der Nachweis führen, dass keimschwache Conidien gleichsam als rudimentäre Formen von Conidien zu beurteilen sind, die sogar in einzelnen Fällen bald nach ihrer Bildung zerfliessen, die sich aber in anderen homologen Fällen wieder als keimfähig erweisen.[3])

In dem Aufbau der Ascenfrüchte, der Apothecien, sind nun wieder in Übereinstimmung mit den Pyrenomyceten bei kleinen Frucht-

---

[1]) Man vergleiche hierzu die einzelnen Untersuchungen über die Formen der Dematien bildenden Disco- und der Pyrenomyceten, welche im X. Teile d. W., pag. 265—271, niedergelegt und z. B. auf Tafel VII abgebildet sind.

[2]) Die ausführliche Untersuchung einer Pycnidenform, welche parasitisch auf den Sclerotien von Sclerotinia sclerotiorum auftrat, ist in dem IV. Teile d. W. pag. 122 mit den zugehörigen Abbildungen auf Tafel X schon vor 25 Jahren von mir mitgeteilt worden. Die weiteren Einzelheiten über die echten Pycniden sind, von Abbildungen begleitet, in dem X. Teile d. W. niedergelegt.

[3]) In einer besonderen Abhandlung, „Die Spermatien und ihre Kultur in Nährlösungen", im IX. Teile d. W. pag. 25 sind die diesbezüglichen Untersuchungen in einer gemeinsamen Arbeit von mir und F. von Tavel niedergelegt.

körpern in ein paar Fällen, z. B. bei Ascobolus[1]), bei der ersten Anlage der Apothecien ascenbildende Initialfäden in einfacher Gestalt unterschieden worden, meist aus einer Reihe kurzer, tonnenförmiger Zellen gebildet, von welchen in der Regel eine mittlere, grössere zu ascenbildenden Hyphen austreibt. Diese fertilen Hyphen wachsen mit den sterilen Fäden fort und sind erst später wieder in den Hymenien als ascentragende Hyphen deutlich unterscheidbar. Bei den grösseren Formen von Pezizen und Helvellaceen etc. sind keine Initialfäden zu beobachten. Es treten hier erst in den fast fertigen Fruchtkörpern mit der Anlage des Hymeniums die fertilen Hyphen zwischen dem zuerst angelegten sterilen Paraphysenlager in die Erscheinung.

Unter den Pyrenomyceten und den Discomyceten findet sich eine ansehnliche Reihe von Formen, welche von niederen, meist einzelligen Algen parasitisch leben, in der Art, dass sie diese Algen in ihren Thallus einschliessen und mit diesem gleichsam einen gemeinsamen Vegetationskörper bilden. Es sind dies die flechtenbildenden Ascomyceten. Nach der Art des Parasitismus, bei welchem die Wirte nicht von den Parasiten bewohnt, vielmehr die Wirte von ihren Parasiten umschlossen und eingeschlossen sind, werden mit alleiniger Ausnahme der Gallertflechten die parasitierenden Pilze zur Haupterscheinung und die eingeschlossenen Wirte gelangen äusserlich nicht zur Wahrnehmung. Abweichend von ihren systematisch verwandten Formen unter den Pyreno- und Discomyceten kommen also bei diesen flechtenbildenden Pilzen die Vegetationskörper zu einer äusseren Erscheinung und zu einer Formbildung, wie sie bei den Formen der höheren Pilze sonst nicht bekannt geworden ist. Die Vegetationskörper der Pilze, sonst zumeist in den ernährenden Substraten oder den Wirten verborgen, treten hier so frei in die Erscheinung, wie die Vegetationskörper bei höheren Pflanzen, z. B. bei den Moosen, es tun. Die Vegetationskörper wachsen in der orthogonal-trajectorischen (Blattflechten) oder in der convergierenden Verbindung der Hyphen (Strauchflechten) durch Spitzenwachstum mit zwar unregelmässigen, aber bei den einzelnen Formen wiederkehrenden Ausgliederungen fort, welche dann an ihrer freien Oberfläche ihre Fructification in Conidien und Ascenfrüchten tragen. Die eingeschlossenen Algenzellen, die Wirte der Flechten, vermehren sich mit dem fortwachsenden pilzlichen Thallus

[1]) Die Arbeit über Ascobolus von Janczewski findet sich in der Botanischen Zeitung vom Jahre 1871.

an den Spitzen und begleiten ihre Parasiten bis in alle Ausgliederungen. Die frei lebenden Vegetationskörper haben, den äusseren Verhältnissen angepasst, an der Oberfläche dicht verbundene oder gewebeartig zusammenschliessende Hyphen, und auch bei den Strauchflechten in centraler Lage dicht verbundene, zur mechanischen Stütze vereinigte Hyphenbündel. Zwischen den äusseren und den centralen Schichten finden sich die locker verflochtenen Hyphen mit den Algenzellen bei den multilateralen Flechten vor. Bei den einseitig beleuchteten Blatt- und Krustenflechten findet sich dagegen die algenführende Schicht der Pilzfäden unter den epidermalen Schichten der Oberfläche einseitig vor, und bei den Gallertflechten durchwachsen die Pilzfäden die homogene Gallertmasse der Algen, in welcher sie leben. Die Flechten leben bald an Bäumen resp. an ihren Rinden, bald auf Mauern und Steinen, bald frei auf der Erde. Die Verbindung und die Befestigung mit dem Substrate, auf welchem die Flechten vorkommen, besorgen die Hyphen der Parasiten, also der Pilze, in besonderen Hyphensträngen allein.

Wenn wir die Prinzipien der Systematik gelten lassen, müssen wir die flechtenbildenden Pilze nach ihren Ascusfrüchten zu einem Teil den Pyrenomyceten, zu einem anderen Teile den Discomyceten einreihen. Es ist aber berechtigt, die Flechten nach der Eigenart ihrer Erscheinung und Ausbildung ihrer Vegetationskörper, die durchaus abweichend ist von allen übrigen Pilzen, als eine natürliche, aber nur biologisch berechtigte Gruppe zusammenzufassen und mit der Bezeichnung „flechtenbildende Pilze", von den übrigen Ascomyceten getrennt und anhangsweise, zu betrachten.

Der eigenartige Parasitismus, der hier bei den Flechten zur Erscheinung kommt, bei welchem die Wirte von ihren Parasiten eingeschlossen sind und trotz der Ernährung dieser Parasiten sich im Inneren des Thallus erhalten und durch Teilung vermehren, bei welchem also Parasit und Wirt in Gemeinschaft sich vegetativ fortentwickeln, hat Veranlassung gegeben, in den Flechten in erster Linie die Vertreter der Erscheinung der Symbiose im Pflanzenreiche anzusehen. Es ist diese Auffassung zwar berechtigt nach der eigenartigen Ausbildung der Parasiten, welche im Zusammenhange steht mit der Natur der Wirte, es darf aber nie ausser acht gelassen werden, dass es sich hier nur um eine besondere und sehr hoch ausgebildete Form des Parasitismus handelt, bei welchem die ausserordentlich lebenszähen Wirte, die Algen, nur wenig geschädigt und in ihrem Fortleben in dem gemeinsamen Vegetationskörper von dem Pilze unterstützt werden.

Die Ähnlichkeit der grünen Zellen in den Flechten mit den Formen der niederen Algen ist früh aufgefallen. Den kulturellen Beweis, dass die grünen Zellen wirklich Algen sind, haben die Russen Famintzin und Baranetzki[1]) zuerst durch Isolierung der Algen und die dann beobachtete Bildung von Schwärmern ausserhalb der Flechten erbracht. Es ist überaus leicht, diese Beobachtungen nachzumachen und als richtige festzustellen, wenn man die grünen Algenzellen verschiedener Flechten in Wasser mit etwas Nährlösung bringt, wo alsbald eine ganz enorme Vermehrung durch Schwärmsporen eintritt, die in den Flechtenkörpern nicht gebildet werden können. Unabhängig von F. und B. hat dann A. Möller[2]) im botanischen Laboratorium in Münster i. W. auf meinen Vorschlag die Kultur der Ascensporen in Nährlösungen verfolgt, mit den gegebenen Kulturmethoden grosse Thallusmassen von verschiedenen Flechten ohne Auftreten von Algen erzogen, bis zur Fructification in Conidien gefördert und hierdurch den Nachweis gegeben, dass die grünen Zellen der Algen nicht von den Pilzen erzeugt werden. Darüber hinaus sind dann von Stahl[3]), von Bonnier und A.[4]) die Flechten künstlich gemacht aus den keimenden Ascensporen einerseits und den zugehörigen Algenzellen andererseits. Die so gebildeten Flechten unterscheiden sich in nichts von den in der Natur auftretenden Formen und gelangen auch zu ihrer vollen Fructification. Wir können hiernach aussagen, dass mit dieser tatsächlichen Begründung der letzte Zweifel darüber ausgeschaltet ist, dass die Flechten ihren Vegetationskörper aus parasitisch lebenden Ascomyceten mit den verschiedenen, aber typisch wiederkehrenden, niederen Algenformen gemeinsam ausbilden und als nichts anderes beurteilt werden können, wie parasitische Pilze, die mit ihren Wirten, hier den niederen, einzelligen Algen, gemeinsam leben. Eine indirekte Bestätigung ist auch noch in der erweiterten Kenntnis der flechtenbildenden Pilze dahin gegeben, dass nicht nur Formen der Ascomyceten, sondern auch einzelne Formen aus der homologen Reihe der Basidiomyceten flechtenbildend auftreten, z. B. bei den Flechtenformen Cora, Laudata etc.

---

1) Famintzin und Baranetzki, Zur Entwicklungsgeschichte der Gonidien und Zoosporenbildung der Flechten, Botan. Zeitung 1867, pag. 109, und 1868.

2) A. Möller, Über die Kultur flechtenbildender Ascomyceten, Münster 1887.

3) Stahl, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten, II, Leipzig 1877.

4) Bonnier, Recherches sur la synthèse in Ann. sc. nat. 5.—26. IX. 1889.

Die Kultur der flechtenbildenden Ascomycetenformen gelingt in jedem Falle, wenn die Ascensporen nur rein aufgefangen sind und in verdünnten Nährlösungen von Bierwürze oder Pflaumendecoct, bei erdbewohnenden Formen mit einem Zusatz von Mistdecoct, kultiviert werden. A. Möller hat die Kulturen anfangs auf Objectträgern gezogen, später in Erlenmeiersche Kölbchen übertragen und grosse Vegetationskörper erzielt, die stets frei von grünen Zellen blieben und welche zur Fructification, zur Bildung von Conidien, übergingen. Es ist nun besonders bemerkenswert bei dieser Kultur der flechtenbildenden Pilze, dass das Wachstum ein so ausserordentlich langsames ist, dass Monate, sogar Jahre vergehen, bis ein verhältnismässig grosser Vegetationskörper zustande kommt. In diesem langsamen Wachstum sind die Flechten den in der Natur bestehenden Verhältnissen angepasst, und es ist wohl anzunehmen, dass dieser angepasste Charakter erst im Laufe längerer Kultur sich abschwächen wird. — Unabhängig von den Ascensporen lässt sich nun auch die Kultur von den Conidien der Flechten, welche hier gewöhnlich in Pycnidenform auftreten, ableiten. Auch hier sind von A. Mölller[1]) aus den Conidien in Nährlösungen grössere Vegetationskörper, sogar in einem Falle mit wiederholter Fructification in Conidien, gezogen worden. Die Entwicklung ist eine äusserst langsame und die Invasion fremder Pilzkeime in der zu langen Zeit der Kultur dauernd schwer abzuhalten. Andere Fruchtformen als Conidien in Pycnidenform oder in echten Pycniden und in Perithecien oder Apothecien sind bei den Flechten nicht beobachtet worden. Die vegetative Vermehrung der Flechten in Soredien, in Algenzellen, von Pilzfäden umsponnen, ..e sich vom Vegetationskörper ablösen, kommen hier für uns als eine rein vegetativ angepasste Vermehrung bei einzelnen Formen nicht weiter in Betracht.

Mit den flechtenbildenden Pilzen schliessen die Reihen der höheren Pilze ab, welche in der Steigerung des Sporangiums zum Hemiascus und zum Ascus in den verschieden gestalteten, hoch differenzierten Ascenfrüchten zur Zeit auf unserer Erde existieren.

---

[1]) l. c. der Abhandlung von Möller, welche allerdings bis dahin noch nicht in ausführlicher Mitteilung erschienen ist.

Die morphologische und biologische Eigenart der Ascomycetenreihe, der zweiten, zuletzt betrachteten grossen Klasse der höheren Pilze, kommt erst überzeugend zur Geltung und zur richtigen Würdigung, wenn wir die zugehörigen Formen in einem kurzen Rückblick zusammenfassen und einer einheitlichen Betrachtung unterziehen.

Es wird hierfür notwendig, die Formen der Basidienreihe der ersten Klasse der höheren Pilze zum Vergleiche heranzuziehen, um in der Vergleichstellung die Übereinstimmungen und die Abweichungen hervortreten zu lassen, welche zwischen den Formen der beiden Reihen bestehen, die sich dann, unabhängig von einander, einmal in ihren einfachsten Formen auf getrennten Ursprung bei den niederen Pilzen mit Sicherheit zurückführen und weiter in allmählicher Steigerung im Gange der morphologischen Differenzierung nach den höchsten Typen als zwei getrennte Reihen verfolgen lassen, in welchen die Formbildung der höheren Pilze in der gegenwärtigen Zeit ausklingt.

Die einfachsten und niedrigsten Formen der Ascomyceten bilden die Hemiascen oder die Ascen einzeln auf den Mycelien aus, ganz in der gleichen Weise, wie die niederen Pilze ihre Sporangien einzeln auf den Mycelien anlegen. In den Hemiasci ist der Übergang in der Formbildung aus dem Sporangium zu dem regelmässigen Ascus mit bestimmter Gestalt und Sporenzahl gegeben. Eine Steigerung in der Fructification tritt bei den Formen der Hemiasci und der Exoasci in der einfachen Art in die Erscheinung, dass die Hemiascen und die Ascen, in Ascoidea und Ascocorticium, in reicherer Anlage hymenienartig zusammen schliessen, aber noch nicht in regelmässiger Gestaltung in Form von Fruchtkörpern auftreten. Die eigentliche Fruchtkörper-Anlage in der Ascomycetenreihe erfolgt erst bei den Formen der Carpoasci, bei welchen die Ascen nicht mehr unmittelbar von den Mycelfäden gebildet werden, sondern mittelbar an Initialfäden zur Anlage kommen, welche sich in fertile Fäden einerseits und in sterile Fäden andererseits differenzieren und zusammen die Fruchtanlage bilden. Diese carpoascen Ascomyceten leiten ihren Ursprung nicht von den exoascen Formen, sondern, unabhängig von diesen, von den carposporangischen Formen der niederen Pilze ab, bei welchen die gleiche Differenzierung der zur Fructification bestimmten Initialfäden in sterile und fertile Hyphen schon beobachtet werden kann. Die einfachsten Formen der Carpoasci sind in den Gymnoasceen gegeben und in den Perisporiaceen, bei welchen die Fruchtkörper-

anlage durch die sterilen Fäden ganz abgeschlossen wird, und bei welchen die Ascensporen durch Auflösung der Ascenwände frei werden. Bei den höhereu Formen der Pyrenomyceten und der Discomyceten erfahren die Fruchtkörper eine höhere Differenzierung; sie sind mit bestimmt gebildeter Öffnung versehen, aus welcher die Ascen durch Ejaculation ihre Sporen frei machen. Diese sind bei den höchsten Discomyceten in regelmässigen Hymenien an der Oberfläche der Fruchtkörper angeordnet und werfen ihre Sporen frei nach aussen ab. Es ist das Charakteristische bei den sämtlichen Formen der Carpoasci, dass die Fruchtkörper aus zwei getrennten Faden-Elementen aufgebaut sind; aus fertilen Fäden oder Fadensystemen, welche in ihren letzten Ausgliederungen die Ascen bilden und aus sterilen Hyphen, welche die fertilen Fäden umschliessen und der Fruchtanlage ihre eigentliche Formbildung geben.

In der Basidienreihe finden wir die Steigerung vom einfachen Conidienträger zur bestimmt gegliederten und gestalteten Basidie in den Formen der Hemibasidii selbst gegeben. Sie lässt sich bei der Gattung Ustilago in den einzelnen Formen klar und sicher verfolgen. Die beiden typischen Formen der Basidien der Basidiomyceten, einmal in der gegliederten Basidie mit seitlichen Sporen und das andere Mal in der ungegliederten Basidie mit apical und köpfchenartig gebildeten Sporen, finden sich ebenfalls schon in den beiden Familien der Ustilagieen und der Tilletieen bei den Hemibasidii klar ausgeprägt vor. In der einfachen Steigerung der beiden Hemibasidien bis zur bestimmten Sporenzahl, kommen wir von selbst zu den beiden Formenreihen der Proto- und der Autobasidiomyceten, welche die eigentlichen Basidiomyceten zusammensetzen. Die Basidien werden in allen Fällen, sowohl bei den Hemibasidii, wie bei den eigentlichen Basidiomyceten, zunächst frei und einzeln gebildet, wie es bei den Hemibasidii, den Proto- und den Autobasidiomyceten, bei den letzteren in Heptasporium, geschieht. An die Formen mit einfachen, freien Basidien schliessen sich dann die höher differenzierten Formen an, bei welchen die Basidien in lagerartiger Verbindung oder in Hymenien an mehr oder minder regelmässig gebildeten Fruchtkörpern auftreten. Die Steigerung zur fruchtkörperartigen Bildung von bestimmter Gestalt mit örtlich bestimmt angelegten Hymenien kommt besonders klar in den Formenreihen der Autobasidiomyceten zur Erscheinung. Hier erfolgt die eigenartige und höhere Differenzierung in besonders effigurierten Hymenien in Stacheln, in Poren und in Blättern, meist an der unteren Seite hoch entwickelter Fruchtkörper, welche in gymnocarper, hemi-

angiocarper oder angiocarper Form zu auffälliger Grösse und typischer Formgestaltung ansteigen und den Höhepunkt in der Formbildung der Basidiomycetenreihe darstellen. — Bei allen Formen, welche in Fruchtkörpern von bestimmter Gestaltung ihre Hymenien zur Ausbildung bringen, lässt sich mit aller Sicherheit der Nachweis führen, dass die Fruchtkörper aus Hyphen gleicher Art und Bildung aufgebaut sind, und dass die letzten Hyphenverzweigungen in den gleichartigen Fadengeflechten der Fruchtkörper zur Ausbildung der Basidien übergehen.

Von einer Differenzierung in fertile und in sterile Hyphen an besonderen Initialfäden, welche die Fruchtkörperanlage bilden, wie wir es bei den Fruchtkörpern der carpoascen Ascomyceten in so charakteristischer Art verfolgen konnten, ist hier in der Basidienreihe der höheren Pilze auch nicht das geringste zu beobachten. Selbst die höchsten und grössten Fruchtkörper der reich gegliederten Basidienreihe bauen sich aus einerlei Hyphen auf, welche in ihren letzten Verzweigungen die Basidien bilden.

Zweifellos steigen die Formen der Autobasidiomycetenreihe zu einer so hohen morphologischen Differenzierung an, wie sie bei den carpoascen Formen der Ascomycetenreihe nicht von fern erreicht wird. Die carpoascen Fruchtkörper bleiben meistens klein, sie erreichen bei den Perisporiaceen in den Trüffeln zwar eine bedeutende Grösse, aber keine höhere Formsteigerung. Bei den Pyrenomyceten wird die Summe der einzelnen Ascenfrüchte zu eigenartigen Fruchtständen vereinigt, welche in den Hypocreaceen ihre auffälligsten Formen besitzen. Erst bei den Discomyceten kommen grosse Formbildungen einzelner Fruchtkörper zur Erscheinung, welche an die Formen der Basidienreihe erinnern, und welche in Morcheln mit schwach effigurierten Hymenien ihren Höhepunkt erreichen. Bei diesen Formen der Discomyceten treten denn auch äussere Formübereinstimmungen in der Gestaltung mit den Fruchtkörpern der Basidiomycetenreihe hervor, welche sogar soweit gehen, dass man in den gegebenen Fällen nur durch engere Untersuchungen feststellen kann, ob man es mit einer Ascen- oder mit einer Basidienfrucht zu tun hat. In abgeschwächter Form zeigen sich auch die äusseren Formübereinstimmungen in den Fruchtkörpern der Trüffeln einerseits, der hypogaeen angiocarpen Basidienfruchtkörper andererseits.

Unabhängig von den höchsten Fruchtformen der Ascomyceten und der Basidiomyceten zeigt sich nun auch in den Nebenfruchtformen der beiden Reihen die auffälligste Übereinstimmung. Die Ascomyceten besitzen Chlamydosporen in Form von Oidien und echten Chlamydosporen. Wir finden die Oidien bereits bei Endomyces unter den Exoasci und bei den Discomyceten der Carpoasci in den Formen von Ascobolus. Eigentliche Chlamydosporen sind schon in Protomyces unter den Hemiasci ausgebildet und finden sich bei den Pyrenomyceten in der Gattung Hypomyces und in Ustilaginoidea wieder. Gegenüber den Basidiomyceten ist das Vorkommen der Chlamydosporen aber nur ein vereinzeltes. Die Bildung von echten Chlamydosporen beherrscht hier gleichsam die grosse Familie der Hemibasidii, die Ustilaginaceen, und ebenso die sich nahe anschliessenden Formen der Uredineen unter den Protobasidiomyceten. Auch bei den Formen der Autobasidiomyceten sind bei einer Reihe von Formen, bei Nyctalis und bei Oligoporus (Ptychogaster), die Chlamydosporen die vorherrschende Fruchtform. — Die Oidien finden sich bei den Autobasidiomyceten in den Familien der Hydneen, der Agaricineen und der Polyporeen so häufig vor, wie an keiner anderen Stelle bei den höheren Pilzen und oft so vorherrschend, dass sie die Basidienfructification zurückdrängen.

In der Conidienfructification bei den beiden Reihen der höheren Pilze zeigt sich fast das umgekehrte Verhalten. Bei den Ascomyceten finden sich die Conidien besonders reich und in verschiedener Formgestaltung ausgebildet, während sie bei den Basidiomyceten zwar häufig, aber meist nur nebenläufig, zur Erscheinung kommen. Bei den Ascomyceten können wir die Conidienbildung als Nebenfruchtform, aus der Ascenfructification ableitbar, schon in Ascoidea klar und sicher verfolgen. Bei den carpoascen Ascomyceten tritt die Conidienbildung in hoher und höchster Ausbildung in die Erscheinung; wir haben hier Conidienformen mit reihenweiser und köpfchenförmiger Anordnung der Sporen, welche nicht wohl aus der Ascenfructification abzuleiten sind. Um diese Conidienbildung, welche in ihrem Reichtum vielfach die Ascenfructification zurückdrängt, richtig zu verstehen, müssen wir auf den Ursprung bei den niederen Pilzen zurückgreifen, bei welchen schon neben der Sporangienbildung die Conidien als Nebenfruchtform auftreten, wie es für Choanephora und für Mortierella sicher erwiesen ist. Die von diesen Formen ableitbaren Ascomyceten besitzen also schon in ihren Stammformen, neben der Fructification in Ascen, die Fructification in Conidien. Beide bestehen neben einander, die Ascen-

fructification als die höhere Form, die Conidienfructification aber häufig als die überwiegende und reicher ausgebildete. Es gibt Formen, bei welchen die Conidienfructification so weit überwiegt, dass die höhere Ascenfructification nur selten zur Ausbildung kommt, und wir haben weitere Formen, bei welchen die Ascenfructification von der Conidienfructification verdrängt worden ist und gar nicht mehr zur Ausbildung gelangt. Es sind dies die Formen der Fungi imperfecti, Formen der Ascomyceten, von welchen nur die Conidienfructification bis dahin bekannt geworden ist, die zugehörige Ascenfructification aber noch nicht aufgefunden werden konnte. Es ist klar, dass hier zwischen der Ascenfructification und der Conidienfructification eine Art von Antagonismus besteht, dass in einer Anzahl von Fällen die Ascenfructification überwiegt, gegenüber den Conidien, sogar allein ausgebildet werden kann, dass aber in einer nicht geringen Anzahl von Fällen das Gegenteil eingetreten ist, dass die Conidienfructification überwiegt und dass die Ascenfrüchte nicht zur Ausbildung kommen. Wenn wir erwägen, dass die Conidien, die für die terrestrische Verbreitung die am besten angepasste Fruchtform sind, so können wir uns nicht wundern, dass sie vorwiegen können und dass die höher differenzierte Fructification in Ascen zurückgedrängt worden ist.

Diese Fungi imperfecti, welche durch das einseitige Überwiegen der Conidienfructification zu Stande kommen, gibt es in der Basidienreihe nicht. Hier sind die Conidien selbst zur höchsten Fructification in Basidien und in Basidienfrüchten gesteigert; die Conidienfructification besteht neben den Basidien fort, sie ist aber in den meisten Fällen zu Gunsten der Basidien und der Basidienfrüchte zurückgetreten und nicht mehr in allen, sogar nur in relativ vereinzelten Fällen, zu beobachten.

Bei den Formen der Ascomyceten sind die zugehörigen Conidien neben ihrer hohen Ausbildung vielfach durch Spaltung vermehrt. Wir haben Conidienträger mit köpfchenförmiger oder reihenförmiger Anordnung von Sporen in Micro- und in Macroconidien, in lagerartiger oder pycnidenartiger Verbindung der Träger und in höchster Formgestaltung, sogar die Bildung von echten Pycniden, welche aber niemals die Sporen in Basidien ausbilden. Diese Spaltung der Conidien in mehrere oder in eine Anzahl von Formen ist für die Ascomyceten ganz besonders charakteristisch und vielfach bei den Formen unter diesen vorherrschend, bei welchen die höchste Fructification in Ascen durch die Conidien mehr oder minder zurückgedrängt worden

ist. Die Conidien sind für die terrestrische Verbreitung die besonders angepasste Fruchtform; hieraus erklärt sich ihr Überwiegen und die Verdrängung der zugehörigen Ascenform; sie steht in Harmonie mit der Beobachtung, dass wir die Ascenfrucht niemals in zwei oder in mehrere Formen gespalten vorfinden, dass sie immer allein besteht und, gleichsam nur als eine Fortsetzung der Fructification in Sporangien, in die überwiegende Bildung der Conidienform bei den höheren Pilzen hineinragt.

In der Basidienreihe ist das Umgekehrte der Fall. Die schon für die Sporenverbreitung terrestrisch angepasste Fructification in Basidien ist hier in allen Fällen vorherrschend. Die Basidien treten niemals gegen die Conidienfructification zurück, wohl aber überwiegen sie in der Ausbildung im Vergleich zu dieser und oft sogar in der Art, dass die Conidien verdrängt sind und nicht mehr auftreten. Fungi imperfecti sind aus diesem Grunde, wie schon angeführt, unter den Basidiomyceten ganz unbekannt. Das Vorherrschen der Basidienfructification lässt die Conidienbildungen nur nebenläufig zur Geltung kommen. Die Basidien als höchste Formsteigerung aus den Conidien tritt schon bei den Formen der Hemibasidii auffällig in die Erscheinung und bleibt in allen Fällen, bis zu den höchsten Formen der Reihe, die vorherrschende Fructification.

Die zugehörigen Conidienbildungen, welche wir schon bei den Hemibasidii, dann bei den Proto- und bei den Autobasidiomyceten in verschiedener Formvariation antreffen, zeigen nun aber die auffälligsten Anklänge an die Conidien der Ascomyceten. Die höchsten Formbildungen mit reihenweiser Anordnung der Conidien und in echter Pycnidenform treten zwar bei den Basidiomyceten nicht auf, dafür zeigen aber hier die Conidienformen, soweit sie bekannt geworden sind, so auffällige Formübereinstimmungen mit den Conidien der Ascomyceten, dass wir in den Conidienformen allein, ohne die Basidien- oder Ascenfructification, nicht die Möglichkeit besitzen, diese Formen zu bestimmen. Die Conidien von Ascoidea bei den Hemiasci stimmen vollständig überein mit den Conidien von Pilacre, welche ich in beiden Fällen durch die Kultur festgestellt habe (im IX. und im VII. Teile d. W.), ebenso zeigen die Conidienträger von Peziza vesiculosa eine so vollendete Formübereinstimmung mit den Conidienträgern von Polyporus annosus, dass wir sie für sich allein gar nicht zu unterscheiden vermögen. (Vergl. den X. und den VIII. Teil d. W.) Sowohl die Fructification in Conidien, wie

die Fructification in Chlamydosporen in den beiden Reihen der höheren Pilze der Ascomyceten und der Basidiomyceten ist eine in der Formbildung so übereinstimmende, dass sie allein schon für die Homologie der beiden Reihen entscheidend sein könnte.

Wir konnten schon in der Conidienreihe mit aller Sicherheit den Nachweis führen, dass die sämtlichen Fruchtformen der Hemibasidii und der Basidiomyceten ungeschlechtlicher Natur und ungeschlechtlichen Ursprungs sind. Die Sexualität und die geschlechtliche Fortpflanzung, durch welche die isogam differenzierten Stammformen der höheren Pilze in der Anlage und der Bildung der Zygoten noch ausgezeichnet sind, fanden wir in den Formen der Hemibasidii und der Basidiomyceten nicht fortgesetzt, vielmehr die ungeschlechtliche Fortpflanzung in Conidien (begleitet von Chlamydosporenbildung in mehrfachen Spaltungen) allein fortentwickelt, aber neben einfachen Conidien zu einer eigenartigen Höhe zuerst in Hemibasidien, dann in typische Basidien gesteigert. Diese eigenartige Steigerung der Conidienfructification, die in den möglichen Übergängen noch verfolgbar ist, schloss die Geschlechtlichkeit und ihre Erzeugnisse in besonderen Fruchtformen von selbst aus. Die höchste Fruchtform in den Fruchtkörpern der Basidien war nachweislich ungeschlechtlichen Ursprungs und ungeschlechtlichen Charakters. Damit zugleich konnten die vermeintlichen Nachweise einer Sexualität bei den verschiedenen Formen als irrtümliche und unrichtige dargetan und ausgeschaltet werden.

Für die Sporangienreihe, welche der zuerst betrachteten Conidienreihe parallel läuft, aus dem Sporangium der niederen, isogamen Pilze ihren Ursprung herleitet und zur Steigerung zuerst zu Hemiascen und dann zum typischen Ascus der Ascomyceten ansteigt, gilt nun, wie schon aus den früheren Darlegungen von selbst erhellt, ganz genau dasselbe, wie für die Conidienreihe. Die sämtlichen Fruchtformen bei den hemiascen, bei den exoascen und carpoascen Ascomyceten sind ungeschlechtlicher Natur und ungeschlechtlichen Ursprungs. In den Nebenfruchtformen mit Conidien und Chlamydosporen bei den Ascomyceten zeigte sich die volle Übereinstimmung mit den gleichen Fruchtformen bei der Basidiomycetenreihe mit nur untergeordneten Variationen.

Die beiden Reihen sind eigentlich nur verschieden darin, dass nach der einen Seite der Höhepunkt in der typischen Basidie, nach der anderen Seite der Höhepunkt in dem typischen Ascus erreicht ist. Die Ascen und die Ascenfrüchte entbehren, ebenso wie die Nebenfruchtformen, in Charakter und Ursprung jeglicher Sexualität.

Es wurde aber schon für die Basidienreihe ausführlich dargelegt, wie die Mycologen, inspiriert von dem Geiste der Zeit und von dem erfolgreichen Nachweise der Sexualität bei den verschiedenen Formen der Algen und auch bei den verschiedenen Formen der niederen Pilze, die von den Algen abstammen, mit dem grössten Eifer bemüht waren, die Geschlechtlichkeit in den höheren Formen der Conidienreihe bei den Hemibasidii und bei den Basidiomyceten nachzuweisen, und wie sie hier zu irrtümlichen Sexualitäten gelangt sind.

Ganz ebenso, wie in der Conidien- und Basidenreihe ist es nun auch hier in der Sporangien- und Ascenreihe in noch höherem Grade versucht worden, Sexualitäten zu entdecken und zu construieren, welche dem Bedürfnisse Rechnung trugen, für alle höher entwickelten Organismen die vermeintlich zweifellos zugehörige Geschlechtlichkeit zu erweisen und sicher zu stellen.

Von den exosporangischen Formen der isogamen Pilze leiten sich zunächst die hemiascen Formen der Ascomyceten ab. Die hier als Sexualität bei Protomyces beurteilte Fusionierung der Conidien bedarf keiner weiteren Berücksichtigung, ebenso wenig die für eine Saccharomycesform angegebene vermeintliche Copulation.

Die hemiascen Formen steigern sich zu den exoascen Formen der Ascomyceten. Die hier bekannten Repräsentanten sind in ihren sämtlichen Fruchtformen ohne Sexualität; unabhängig von der exosporangischen Richtung, welche in den Exoasci endigt, besteht hier die carposporangische Richtung, welche durch Telebolus in den Hemiasci nach den reich gestalteten carpoascen Formen der Perisporiaceen, der Pyrenomyceten und der Discomyceten hinüberführt.

Bei diesen Formen ist es charakteristisch, dass die Fructification in Sporangien nicht unmittelbar, sondern mittelbar in der Weise angelegt wird, dass die von dem Mycel ausgehenden, zur Fructification bestimmten Fäden sich zur Anlage einer Fructification differenzieren, einmal in sterile und dann in

fertile Fäden. Wir bekommen also eine Fructification, welche ich als carposporangisch bezeichnet habe, z. B. in Rhizopus und Mortierella etc., wo die Fruchtanlagen nach der einen Seite aus Sporangienträgern, nach der anderen Seite aus sterilen Fäden bestehen, welche die fertilen, sporangientragenden Fäden begleiten und sie hier an der Basis mehr oder minder vollständig umschliessen.[1]) In Thelebolus bei den hemiascen Formen finden wir ein in seiner Grösse variables Sporangium von sterilen Fäden schon vollständig umschlossen und von dem einen fertilen Initialfaden ableitbar, der sich innerhalb des sterilen Geflechtes zum Hemiascus ausbildet.

Bei den Formen der carpoascen Ascomyceten ist nun diese Art der Differenzierung in sterile und in fertile Fäden in der Ascenfructification eine typische. Die sterilen Fäden umschliessen in einzelnen Fällen den fertilen Initialfaden, bilden den Aufbau des Fruchtkörpers um diesen, bis der Initialfaden auswächst, sich verzweigt in dem Fruchtkörper und in den letzten Auszweigungen die Ascen ausbildet.[2]) Diese Art der Differenzierung in fertile, ascenbildende und in sterile, die Masse des Fruchtkörpers erzeugende Fäden, hat nun die Veranlassung gegeben, an dieser Stelle eine eigenartige Sexualität zu construieren. Diese soll in der Weise in die Erscheinung treten, dass z. B. bei Eurotium-Aspergillus ein schraubenförmig gewundener, fertiler Initialfaden, der zuerst auftritt, von einem sterilen Faden, der an seiner Basis entspringt, eine Befruchtung erfährt, und dass demnach auf Grund dieser vermeintlichen Befruchtung die Ascenfructification eine geschlechtlich erzeugte sein müsse. Der fertile Initialfaden, den man also als ein weibliches Organ beurteilen zu müssen glaubte und als Ascogon und als ascogone Schraube besonders bezeichnete, lässt sich nun bei der Anlage der carpoascen Ascusfrüchte in einer sehr beschränkten Anzahl von Fällen in seinen ersten Anfängen, aber in keineswegs konstanter und übereinstimmender Form, wieder beobachten. Es lässt sich aber sicher nachweisen, dass der Initialfaden bei Eurotium, den

---

[1]) Es mag hier nochmals auf die Figuren der Tafel III A. im IX. Teile d. W. hingewiesen sein.

[2]) Man vergl. hierzu nochmals die Tafeln III und IV im II. Teile d. W. Penicillium und weiter die Tafeln im III. Hefte der Beiträge zur Morphologie der Pilze von de Bary über Eurotium-Aspergillus.

man als männliches Pollinodium beurteilte, als nichts anderes gelten kann, wie einer der Fäden des sterilen Fadengeflechtes, welches das Ascogon umwächst. Diese Beobachtung ist in beliebigen Fällen in Objectträgerkulturen leicht und sicher durchzuführen.

Schon der Initialfaden, das Ascogon, zeigt an sich in seiner Formbildung Schwankungen, wie wir sie bei Geschlechtsorganen anderer Pflanzenklassen mit erwiesener Sexualität nicht antreffen. Bald ist es ein schraubiger Mycelfaden wie ein Wachsstock gewunden bei Aspergillus, bald ein länglicher, nicht gewundener Faden, aus kurzen tonnenförmigen Zellen gebildet, bei Ascobolus, bald eine blasenförmige Zelle bei Erysiphe, bald ein flaschenförmiger Kolben bei Lysipenicillium etc., und in der weitaus grössten Zahl von Fällen bei den meisten und höchsten Formen der Pyrenomyceten und der Discomyceten ist von einem Initialfaden als Ascogon überhaupt nicht das geringste zu erkennen. Bei den sämtlichen Hypocreaceen bei den Pyrenomyceten, wo die Perithecien in allen ihren Anfängen, in der Zahl ihrer Anlagen, in allen Übergängen leicht zu beobachten sind, ebenso bei den grösseren Formen der Discomyceten, bei den Formen der Pezizen, Sclerotinien etc. lässt sich nachweisen, dass die Anlage der Fruchtkörper eine vollständig homogene ist, und dass die ascenbildenden Fäden erst in dem letzten Stadium der Fruchtkörperbildung unter dem bereits angelegten Hymenium zur Erscheinung kommen. In zwei Fällen, einmal bei Pyronema, das andere Mal bei Erysiphe ist das Microtom mit seinen Hülfsmitteln herangezogen worden, eine Copulation am Ascogon und eine Kernverschmelzung nachzuweisen. Die von Harper herrührende Angabe ist von keinem anderen Beobachter bestätigt, wohl aber als richtig bestritten. Von Dangeard ist, im Einklange mit allen früheren Beobachtern, sicher nachgewiesen, dass bei Erysiphe überhaupt keine Copulation zwischen Ascogon und dem vermeintlichen Pollinodium stattfindet, dass die zwei zur Verschmelzung bereiten Zellkerne den ersten Teilungsakt des ascogonen Zellkernes repräsentieren, und dass bei Pyronema die Zellkerne aus dem vermeintlichen Pollinodium abortieren und das Auswachsen des Ascogons zu ascogonen Fäden ohne Befruchtung durch die Zellkerne des Pollinodiums erfolgt.

Die Aussicht, hier bei den carpoascen Ascomyceten in der Differenzierung der Initialfäden eine Sexualität auffinden zu können, hat in erklärlicher Weise zu diesen Irrtümern geführt, die sich schon ganz von selbst verstehen, wenn wir nur die differenten Formbildungen in den Initialfäden, den vermeintlichen

Sexualzellen, uns ansehen und dabei erwägen, dass an keiner Stelle im Pflanzenreiche solche Variationen in der Form der weiblichen Geschlechtszellen eintreten, wie sie hier in dem Formenkreise der carpoascen Ascomyceten nur allein in den paar genannten Fällen zu beobachten sind. Es ist ganz offenbar, dass man hier aus dem Umstande der eigenartigen Differenzierung der Fruchtkörper in fertile und in sterile Fäden für den Nachweis einer Sexualität Kapital zu schlagen versucht hat, und dass man zu Konstruktionen einer Sexualität gekommen ist, deren Irrtümlichkeit auf der Hand liegt.

Die Differenzierung der Initialhyphen in fertile und in sterile Fäden ist nicht bei den carpoascen Ascomyceten entstanden; sie leitet ihren natürlichen Ursprung ab aus den carposporangischen Formen der niederen Pilze, welche schon die gleiche Differenzierung zeigen. Diese Differenzierung ist allein beschränkt auf die carpoascen Ascomyceten, sie ist in der exoascen Reihe der Ascomyceten unbekannt und ebenso in der grossen Reihe der Basidiomyceten an keiner Stelle zu beobachten gewesen. So wenig wie sich den einfachen Formen der Exoasci unter den Ascomyceten, den Formen der Basidiomyceten, eine Sexualität aufzwingen lässt, so wenig ist es ausführbar, die carpoascen Ascomyceten wegen der Differenzierung ihrer Fruchtkörper in sterile und in fertile Fäden mit einer Sexualität auszustatten, die in Wirklichkeit gar nicht besteht, deren Äusserlichkeiten aus der morphologischen Eigenart ihre einfache und natürliche Erklärung finden. Seit 15 Jahren ist hier die Sucherei nach einer Sexualität und deren Nachweis mit Hülfe des Microtoms von neuem aufgenommen, und was ist bei der grossen, aufgewandten Mühe herausgekommen? — Nichts anderes, als dass in den zwei längst bekannten Fällen bei Erysiphe und Pyronema in der Formgestaltung der Initialfäden zufällig Anklänge bestehen, welche der Deutung einer Sexualität nach bekannten Mustern zugänglich sind.

Mit zwei Formen, die so different und so zweifelhaft in ihren Erscheinungen sind, wie sie in Erysiphe und Pyronema vorliegen, kann man schon an sich keine Sexualität für die Gesamt- und Riesenklasse der Ascomyceten erweisen, welche in allen anderen Fällen einmal in den ascogonen Initialen beliebige andere Formbildungen aufweist, das andere Mal die freie, von Ascogonen unabhängige Entwicklung der Ascenfructification sicher erkennen lässt.

Abgesehen von dem geschlechtlichen Verhältnisse bei der Anlage der Ascenfrucht, welches in den Leistungen des Pollinodiums am Ascogon seinen Ausdruck findet, ist nun noch eine zweite Form der Sexualität bei den Asco-

myceten aus der Beobachtung hergeleitet, dass unter den Conidien dieser Pilze in vereinzelten Fällen auch Formen vorkommen, deren Sporen sich als keimungsunfähig in Wasser erweisen und welche man hiernach als männliche Geschlechtszellen, als Spermatien, beurteilen zu müssen glaubte. Tulasne ist der eigentliche Entdecker der sogenannten Spermatien und damit der Begründer der Annahme einer Sexualität nach dieser Richtung, welcher wir schon einmal bei den Formen der Uredineen in der Basidienreihe begegnet sind. Bei diesen sollten die Conidien in Pycnidenform Spermogonien, die Conidien selbst die Spermatien sein; leider ist es aber bis auf den heutigen Tag trotz eifrigsten Suchens noch nicht gelungen, den zugehörigen weiblichen Initialfaden aufzufinden, für dessen Befruchtung sie, analog den Trichogynen der Florideen, bestimmt sein sollten.

Dafür konnte aber der sichere Nachweis geführt werden, dass die Spermatien nichts sind, wie keimschwache Conidien, die aber in allen Nährlösungen auskeimen und zu Mycelien auswachsen.

Bei den sämtlichen, für die Gesamtzahl der Ascomyceten zahlreich angeführten Spermatien konnte ich nun ebenfalls im Verein mit Dr. von Tavel den Nachweis führen[1]), dass sie in allen Fällen ganz gewöhnliche Conidien sind, und dass sie sämtlich in Nährlösungen zu Mycelien auskeimen. In keinem Falle ist es bei den zugehörigen Ascenfrüchten auch nur gelungen, in deren Anlage den Initialfaden in Form eines Ascogons mit Trichogyne aufzufinden, den sie befruchten soll.

Die ganze Sexualität in Spermatien liegt hier bei den Ascomyceten ebenso auf der Nase, wie bei den Uredineen.

Aber bei den flechtenbildenden Ascomyceten sind Initialfäden in einzelnen Fällen beobachtet worden, welche von Spermatien befruchtet werden sollen. Bei Collema beispielsweise hat man Initialfäden gefunden, welche über den Thallus hervortreten, nach unten in dem basalen, geschraubten Teile zur Initiale der Ascusfrucht werden sollen, wenn sie nach oben, an der freien Spitze durch zehn bis zwanzig Zellen von dieser Initiale getrennt, die Befruchtung durch eine Spermatie erfahren haben. Nun sehe man sich diese Initialfäden von Collema und anderen Flechten an, die als

---

[1]) Man vergleiche unsere Abhandlung über die Spermatien und ihre Kultur in Nährlösungen im IX. Teile d. W., pag. 25.

Trichogyne beurteilt werden und die an ihrer Spitze von den Spermatien beschlagen werden sollen! Haben sie auch nur einen Schatten von Analogie mit den Trichogynen der Florideen, die in allen Fällen gleich und formübereinstimmend sind? — Und nun die Spermatien bei den Flechten! Für sie ist längst schon nachgewiesen, dass sie wieder nichts sind, wie Conidien, welche sich, wie die Spermatien bei den übrigen Ascomyceten, als keimfähig erweisen. Für sie müsste man schon, um ihre Zweiseitigkeit zu erklären, die Licenz gelten lassen, dass sie, je nach Stimmung und Gelegenheit, bald eine Trichogyne befruchten, bald frei für sich zu neuen Mycelien auswachsen können.

Und nun die Trichogyne selbst! Was können diese Bildungen sein, welche in einzelnen Fällen und nur bei Flechten beobachtet sind? Welcher morphologische Wert ist ihnen beizumessen? Wir finden die natürliche und zutreffende Erklärung sofort, wenn wir zu den carposporangischen, niedern Pilzen zurückgehen. Bei Rhizopus und bei Mortierella etc. erheben sich von den Mycelien die zur Fructification bestimmten Initialfäden, sie sind durch Spitzenwachstum ausgezeichnet und differenzieren sich nach rückwärts ein oder mehrere Male in sterile und in fertile Fäden, welche die Fructification resp. die Fruchtanlagen hier bilden, während der Initialfaden selbst sein Längenwachstum fortsetzt, bis er endlich erschöpft in seinem Wachstum stille steht. Bei den Flechten können wir an verschiedenen Stellen beobachten, wie die Perithecien in Reihen vorkommen, welche erklärlich werden durch die wiederholte Bildung der Perithecien an demselben Initialfaden. Bei Collema und bei anderen Flechtenformen sind nun diese Initialfäden, welche nach rückwärts nur ein Perithecium bilden und dann im Wachstume stille stehen, wenn sie über den Thallus hinaustreten, zu Trichogynen erhoben worden, während sie doch nichts sind als der steril endende Oberteil eines Initialfadens, der hier gewöhnlich schon nach einmaliger Bildung einer Schraube steril wird.

Das sind nun also die Trichogyne, die weiblichen Geschlechtsorgane bei den Flechten, resp. den Ascomyceten, das sind die Spermatien, die männlichen Geschlechtszellen bei den Flechten, die jetzt beide ihre einfache und natürlidhe Aufklärung in der obigen Darlegung gefunden haben, — von Sexualität keine Spur.

Endlich hat noch Thaxter für Laboulbenieen, eine eng begrenzte Formenreihe von insektenbewohnenden Ascomyceten, eine Sexualität an-

gegeben.[1]) Seine Spermatien sind nichts wie Conidien, wie in den bekannten Fällen bei Pyxidiophora Nyctalidis[2]), und nun seine Trichogyne? Bald eine keulenförmige Spitze eines Fadenendes, bald hirschgeweihartige Verzweigungen eines solchen! Ist so etwas von Trichogynen jemals in der grossen, formenreichen Klasse der Florideen gesehen worden, wie sie hier bei den Formen einer winzig kleinen Gruppe, die man füglich zu einer Gattung vereinigen könnte, bestehen sollen? — Es hat keinen Zweck, hier auf weitere Einzelheiten einzugehen, da es sich ja doch nur um vereinzelte, beliebig auf Sexualität construierte Deutungen handelt.

Jetzt kommt aber noch die letzte der Sexualitäten bei den Ascomyceten, die wieder von Dangeard entdeckt worden ist, dieselbe Sexualität, der wir schon einmal, bei den Basidien der Basidiomyceten, begegnet sind. Der einzelne Ascus der Ascenfructification entsteht nach Dangeard durch eine innere Befruchtung in der Art, dass die zur Ascusbildung bestimmten Zellen ihre Zellkerne teilen und dass die eben geteilten Zellkerne sich bald wieder mit einander vereinigen. (Karyogamie.) In einzelnen Fällen geht diese Vereinigung durch eine Art von Kreuzung so vor sich, dass die Tochterkerne der ersten Teilung sich abermals teilen und dann zwei von den vier secundären Tochterkernen sich übers Kreuz vereinigen und den Mutterkern der Ascensporen bilden.

Es ist zweifellos eine interessante Tatsache, dass derselbe Vorgang der Karyogamie sich unabhängig in den Mutterzellen der Ascen und der Basidien bei den beiden getrennten Klassen der höheren Pilze wiederfindet, und wir haben allen Grund, diese Tatsache als einen weiteren und wichtigen Beitrag für die Homologie der beiden Reihen der höheren Pilze anzusehen.

Das Interessanteste bei dieser neuen Sexualität von Dangeard ist jedenfalls der Gegensatz, in welchem sie zu den früher aufgestellten Sexualitäten sich befindet. Selbstverständlich bekämpft Dangeard, der Begründer dieser neuen Lehre, die früheren Sexualitäten bei den höheren Pilzen in Pollinodien und in Spermatien, insbesondere bei den Ascomyceten und erweist sie als unrichtige zugunsten der seinigen.

---

[1]) Man vergleiche die zahlreichen Arbeiten von Thaxter über Laboulbenieen und die grössere Abhandlung mit Abbildungen aus dem Jahre 1897.

[2]) Man vergleiche hierzu Text und Abbildungen von Pyxidiophora Nyctalidis auf Tafel V, Figur 51, 1—4 in dem X. Teile d. W.

Eine besonders interessante Fühlung gewinnt nun aber die Karyogamie mit der früher angenommenen Geschlechtlichkeit dieser Pilze in Ascogon und Pollinodium in den wenigen Fällen, wo diese Sexualität bei Erysiphe und bei Pyronema in der ersten Anlage der Ascenfrüchte angenommen worden ist. In eben diesen Fällen kommt nun auch die neue Sexualität, die Karyogamie, in den jungen Ascen zur Geltung. Wir haben also jetzt für die genannten Formen der carpoascen Ascomyceten zwei Sexualitäten und zwei Befruchtungsvorgänge, welche sich nur allein in den Perithecien in der Art abspielen, dass die erstere und ältere Sexualität sich in der ersten Anlage dieser Früchte vollzieht, und dass die zweite Sexualität und der zweite Befruchtungsvorgang sich mit der Anlage der jungen Ascen anschliesst. In Podosphaera unter den Erysipheen, bei welchen nur ein Ascus im Perithecium zur Ausbildung gelangt, folgen die beiden Befruchtungsvorgänge, der erste im Pollinodium und Ascogon, der zweite in der Karyogamie des jungen Ascus, so nahe auf einander, dass man sich unwillkürlich die Frage stellt, welcher von diesen beiden Befruchtungsvorgängen der zu Recht bestehende ist, da man doch nicht annehmen kann, dass es Lebewesen gibt mit zwei Befruchtungsvorgängen, die sozusagen unmittelbar auf einander folgen. Wir kommen der Entscheidung dieser Frage näher, wenn wir erwägen, dass die Karyogamie bei den sämtlichen Ascomyceten als eine allgemeine Erscheinung zur Geltung kommt, und dass sie ebenso allgemein auch für die Basidienreihe als richtig angenommen wird. Gegenüber der Karyogamie kommt dagegen die Sexualität in Ascogon und Pollinodium, nur eigentlich in zwei Fällen diskutierbar, zur Erscheinung; zwei Fälle, welche noch dazu einer anderen und richtigeren Deutung ohne Weiteres zugänglich sind. Die Abstimmung über die beiden Sexualitäten und über die beiden Befruchtungsvorgänge, welche sich bei Podosphaera sozusagen in die Hacken treten, ist hiernach ganz von selbst gegeben. Karyogamie besteht in allen Fällen; die Pollinodium-Sexualität kann nur für zwei Fälle geltend gemacht werden, die beide nicht beweiskräftig sind. Ich selbst schliesse mich bei dieser Abstimmung ohne Weiteres der Karyogamie an. Diese neue Sexualität und dieser Befruchtungsvorgang trägt einen so sanften und sympathischen Charakter an sich, dass man unwillkürlich für ihn gestimmt wird. Die sexuelle Differenzierung beschränkt sich auf die beiden Tochterkerne im jungen Ascus, und der Befruchtungsvorgang schliesst sich unmittelbar in der Wiedervereinigung dieser beiden Zellkerne hier an. Das ganze Geschlechtsleben der höheren Pilze spielt sich also sozusagen in einer einzigen Zelle in dem

jungen Ascus oder in der jungen Basidie ab und ist aus diesem Grunde, bis auf Dangeard, unbeachtet geblieben. Es trägt aber in all seinen Einzelheiten den Ansprüchen Rechnung, welche man in der neuesten Zeit an die geschlechtliche Differenzierung und an den Befruchtungsvorgang gestellt hat; auch der streng gläubigste Doppelchromosomatiker kann nichts daran auszusetzen finden. Der Wendepunkt ist in der Verschmelzung der beiden eben durch Teilung entstandenen Zellkerne gegeben, deren Kerne sich vereinigen und damit die neuen Generationen der Kernteilungen einleiten. Die sexuelle Differenzierung tritt hier in den Tochterkernen des jungen Ascus in der denkbar mildesten Form auf. Die beiden gleichen Tochterkerne verschmelzen unmittelbar nach der Teilung in derselben Zelle in so intimer Art wieder mit einander, dass man unmöglich diesem Geschlechtsleben in der engsten Häuslichkeit feindlich gestimmt sein kann, und weiter setzt sich dieses Familienleben in allen Formen der beiden Riesenklassen der höchsten Pilze, bis zu ihren letzten Formen, in ungeschwächter Zärtlichkeit fort. Die Neutralität der höheren Pilze, welche ich aus allen meinen Untersuchungen herleiten konnte, erfährt durch die Karyogamie, diese Sexualität in der mildesten Form, nicht bloss keine Verschiebung, sie erhält im Gegenteil durch sie die freilich nicht notwendige, aber doch willkommene Verstärkung, um die unrichtigen und künstlich konstruierten Formen der Geschlechtlichkeit in Pollinodium und Ascogon und in Spermatien und Trichogynen bei den höheren Pilzen abzuschütteln und ein für alle Mal zu beseitigen.

In den vorstehend angeführten Arbeiten über die Geschlechtlichkeit der Ascomyceten und der höheren Pilze kommt der gemeinsame Charakter zur Geltung, dass die Untersuchungen auf ein einziges, eng umgrenztes Ziel gerichtet sind. Die Untersuchungen sind von einem einseitigen Gedankengang geleitet und von einer befangenen Auffassung beherrscht. Es handelt sich allein um den Nachweis der Sexualität bei den höheren Pilzen, welche man nach vorhandenen Mustern im voraus als sichergestellt annimmt und die nur der nachträglichen, noch rückständigen Erkenntnis bedürftig geblieben ist.

Im Anschluss an die erste Beobachtung der Sexualität bei Fucus war die Geschlechtlichkeit für die Algen des Meeres und des süssen Wassers bereits sicher erwiesen, und ebenso konnte auch für die Formen der niederen algenähnlichen Pilze der Nachweis erbracht werden, dass sie eine geschlechtliche Differenzierung nach Art der Algen besitzen. Es war nunmehr für die beiden

Klassen der höheren Pilze mit aller Sicherheit vorauszusetzen, dass sie ebenfalls eine sexuelle Differenzierung besitzen müssten, und dass die verborgene Sexualität durch weitere Untersuchungen aufgefunden und durch sie der natürliche Anschluss an die niederen Pilze festgestellt werden könnte.

Die Voraussetzungen, welche den Untersuchungen über die Geschlechtlichkeit der höheren Pilze zu Grunde gelegt wurden, haben sich nun aber nicht bewährt. Die höheren Pilze zeigten schon in ihrer terrestrischen Anpassung ein abweichendes Verhalten. Was bei den Algen und bei den niederen Pilzen ohne grosse Mühewaltung festgestellt werden konnte, das stiess bei den höheren Pilzformen auf unerwartete Schwierigkeiten. In der Vielgestaltigkeit ihrer Fruchtformen, die auf die Massenerzeugung kleiner, leicht verbreitbarer Sporen abzielt, kam die biologische Eigenart der höheren Pilze, ihre Erhaltung durch den Reichtum in kleinen Sporen zu sichern, zur Geltung, ohne die Mitwirkung einer Sexualität, wie sie noch bei den niederen Pilzen beobachtet werden konnte.

Schon zu Anfang der fünfziger Jahre wies Tulasne auf die Spermogonien und Spermatien der Flechten als männlich differenzierte Geschlechtszellen hin. Dieselben Bildungen wurden bei den Uredineen unter den Basidiomyceten beobachtet und auch für andere Ascomyceten in ähnlicher Art festgestellt. Die Beweisführung für ihre Natur als Spermatien blieb in der Folge aus, und erst nach mehr als zwanzig Jahren zeigte Stahl in einem Bilde von Collema eine strebsame Spermatie an der Gipfelzelle eines vielzelligen Fadens, den er als Trichogyne bezeichnete, welche die Befruchtung in der phänomenalen Fernwirkung! dahin leisten sollte, dass die basalen Zellen des Fadens zu ascenbildenden Fäden eines Peritheciums auswuchsen. Die Beobachtung Stahls an Collema ist vereinsamt geblieben und auch in dem Zeitraum von mehr als dreissig Jahren nachher durch keine weiteren Beiträge in der gleichen Richtung bereichert worden. Wohl aber ist inzwischen die vermutete Sexualität in Pollinodium und Ascogon zur Geltung gebracht, bei welcher die Befruchtung ohne Spermatien erfolgen soll, welche sich höchstens als Zuschauer beteiligen können. Die Spermatien werden hier durch das Pollinodium ersetzt. Dies sog. männliche Organ ist aber nur in ein Paar vereinzelten Fällen der engeren Beobachtung zugänglich geworden. Bei Eurotium-Aspergillus ist seine Bezeichnung illusorisch, bei Erysiphe legt es sich an das Ascogon direkt und unmittelbar an, aber erst in Pyronema soll es zur vollen Geltung kommen. Es überwindet die Hindernisse einer hier einzelligen sog. Trichogyne, welche der Befruchtung des blasenförmigen Ascogons

geradezu im Wege steht, durch energisches Eindringen! Die Zellkerne der Trichogyne ersterben in tiefster Ehrerbietung bei dem Eintreten der Spermakerne, welche nun erst die Scheidewand des Ascogons erreichen!!? In den genannten drei Fällen, Eurotium, Erysiphe und Pyronema, sind die Beweismittel verdichtet, welche für eine Sexualität des Ascogons und des Pollinodiums und für eine Befruchtung zwischen beiden festgestellt werden konnten. In der ungeheuren und formenreichen Klasse der Ascomyceten haben sich weitere analoge Fälle für diese Sexualität der Ascomyceten nicht auffinden lassen, wohl aber ist es möglich gewesen, den sicheren Nachweis zu führen, dass bei der eigentlichen Masse der Ascomyceten das Pollinodium und Ascogon nicht in die Erscheinung treten und dass die vermeintlichen Spermatien nicht männliche Geschlechtszellen sind, sondern einfache Conidien, welche sich durch ihre Kleinheit und Keimungsunfähigkeit in Wasser auszeichnen.

Wir können hiernach aussagen, dass die angeführten Ergebnisse aus den Untersuchungen über die Sexualität der Ascomyceten und der höheren Pilze einen sozusagen negativen Ausgang genommen haben. Sie beschränken sich auf die paar angeführten Fälle einer vermeintlichen Differenzierung in Pollinodium und Ascogon, welche schon nach den differenten Formbildungen in Eurotium, Erysiphe und Pyronema unhaltbar sind, und welche weiter ihre natürliche Erklärung in der Differenzierung von Initialfäden in sterile und fertile Fäden finden.

Was aber den paar in fünfzigjähriger Arbeit mühsam geförderten und nur vereinzelt dastehenden Fällen von konstruierter Sexualität an Beweiskraft fehlt, das ist ersetzt worden durch den Beifall begeisterter Anhänger, welche sich selbst nicht an den eigentlichen Untersuchungen beteiligt haben, welche sich allein darauf beschränkten, die Posaune zu blasen für die gewonnenen Resultate (z. B. H. Solms in der botanischen Zeitung).

Die Ergebnisse, welche aus den langjährigen Arbeiten über eine Entdeckung der Sexualität bei den höheren Pilzen festgestellt worden sind, können als neuer, überzeugender Beweis dafür dienen, was bei Untersuchungen herauskommt, welche mit einer vorgeschriebenen Fragestellung auf ein im voraus festgestelltes Ziel gerichtet sind. Die Untersuchungen bekommen gleichsam den Infectionskeim der Befangenheit und der vorgefassten Meinung mit auf den Weg. Die unbefangene Beobachtung wird getrübt, die klare und neutrale Beurteilung wird geschädigt und die Resultate werden gleichsam zur Entgleisung vorbereitet und

zur Ablenkung in irrtümliche Seitenwege geführt. Was ist bei den sämtlichen Untersuchungen über die Sexualität der Ascomyceten herausgekommen? — So viel wie nichts! Die wenigen disharmonischen Beobachtungen, welche für die Sexualität der Ascomyceten angeführt sind, beweisen nichts; sie sind nur konstruiert und einer neutralen Deutung in der einfachsten Weise zugänglich; und welche Aufklärung ist durch die Untersuchungen für die morphologische Wertbestimmung und für das biologische Verständnis der beiden höchsten Fruchtformen in Ascen und in Basidien erreicht worden, durch welche die höchsten Pilzformen charakterisiert sind? — Offenbar, von der Karyogamie abgesehen, gar keine!

An dieser Stelle muss ich nun auf meine eigenen Untersuchungen zurückgreifen und des näheren darlegen, wie ich durch diese zu anderen Anschauungen und zu ganz anderen Aufschlüssen über die Biologie der höheren Pilze gekommen bin, wie meine Vorläufer in ihrem einseitigen Suchen nach neuen Sexualitäten.

In meinen ersten Untersuchungen über die Ascomyceten, welche ich über Penicillium im Jahre 1871 ausführte, habe ich mich noch den Auffassungen über die Sexualität der Ascomyceten in Pollinodium und Ascogon angeschlossen, welche damals durch de Bary eingeführt waren. Es ist aber schon mit erheblichen Zweifeln geschehen. Ich konnte die Entwicklung der Perithecien von Penicillium in ihren ersten Anfängen verfolgen, das Ascogon als einen schraubigen Faden unterscheiden, der von sterilen Fäden umschlossen wurde; ein Pollinodium war nicht zu beobachten. In meinen weiteren Untersuchungen über die Basidiomyceten im III. Teile d. W. konnte ich sicher feststellen, dass hier bei der Anlage der Fruchtkörper eine Differenzierung in einen fertilen Initialfaden und in sterile Hüllfäden nicht erfolgt, dass von einem Pollinodium und von einem Ascogon gar nicht die Rede sein konnte. Auch bei weiteren Untersuchungen über die Ascomyceten, welche ich im IV. Teile d. W. mitgeteilt habe, gelang es nicht einmal, in der ersten Anlage der Perithecien die Initiale des Ascogons sicher zu unterscheiden. Es traten hier erst in den letzten Stadien der Fruchtbildung die fertilen, ascenbildenden Fäden als besonderes Fadensystem in die Erscheinung. Ich konnte mich schon hiernach der Erkenntnis nicht verschliessen, dass zur richtigen Beurteilung der hier bestehenden biologischen Verhältnisse auf dem Wege vereinzelter Untersuchungen mit befangener Fragestellung, auf den blossen Nachweis einer Sexualität gerichtet, nicht weiter zu kommen sei, dass

dagegen nur auf der breiten Unterlage vergleichender Untersuchungen die aufklärenden Resultate erreicht werden können, welche über die Biologie und die vergleichende Morphologie der höheren Pilze einen sicheren Aufschluss geben.

Es war hier in erster Linie notwendig, die Methoden zur Kultur der Pilze zu vervollkommnen, alle Fehlerquellen auszuschalten und die besonderen Hindernisse zu überwinden, welche dem Abschlusse langer Kulturreihen störend in den Weg treten.

Es ist mir nunmehr möglich geworden, die Untersuchungen in langsamem Fortschritte über alle Formen der Pilze, auch über die höchsten Pilzformen, erfolgreich auszudehnen und auf vergleichender Unterlage ein Verständnis für die Fruchtformen der Pilze und den natürlichen Gang ihrer morphologischen Differenzierung zu finden und den Zusammenhang der höheren Pilze mit den niederen Formen aus ihren Fruchtformen natürlich herzuleiten.

Die Ascen- und die Basidienfructification der höheren Pilze tritt bei dem Übergang der niederen zu den höheren Pilzen natürlich in die Erscheinung. Das unregelmässige Sporangium der niederen Pilze wird hier zum regelmässig gestalteten Ascus der Ascomyceten, und aus den Conidien der niederen Pilze kommt die Basidie als regelmässige und typische Bildung zur Geltung. In den Formen der Hemiasci und der Hemibasidii ist der Übergang von den niederen zu den höheren Pilzen gegeben, und mit dieser Formsteigerung erfolgt zugleich die Abspaltung in Nebenfruchtformen, in Conidien, die sich in weiteren Spaltungen vermehren. Diese Abspaltung in Nebenfruchtformen ist in einzelnen Fällen schon bei den niederen Pilzen zu beobachten, und auch hier schon die eigenartig eingeschobene Fruchtform in Chlamydosporen festzustellen, welche sich durch weitere Spaltungen bei den höheren Pilzen wiederum vermehrt.

In diesem eigenartigen Gange der morphologischen Differenzierung kommt die Pleomorphie in den Fruchtformen der Pilze und namentlich der höheren Pilze ganz natürlich zu Stande, und wir können die beiden Reihen der höheren Pilze nach ihren höchsten Fruchtformen, in Ascen einerseits und in Basidien andererseits, als getrennte Reihen auf ihren Ursprung bei den niederen Pilzen zurückverfolgen. Der Ascus ist die höchste Formsteigerung des Sporangiums, die Basidie die höchste Formbildung der Conidienfructification, die beide schon den niederen Pilzen eigentümlich sind.

Die höhere Differenzierung zu Ascen und Basidien wird begleitet von der eigenartigen Karyogamie in den jungen Ascen und in den jungen Basidien, welche sich in der Basidienreihe bis auf die einfachsten Formen der Hemibasidii zurückführen lässt, welche aber in der Ascomycetenreihe auf ihren ersten Ursprung bei den Hemiasci und den exoascen Formen der Ascomyceten noch nicht sicher zurückverfolgt worden ist. Die vermeintliche Sexualität in Pollinodium und Ascogon, bei den carpoascen Ascomyceten allein, stellt sich als eine irrtümliche Deutung bei der Differenzierung in sterile und in fertile Fäden mit der ersten Anlage der Ascenfrüchte natürlich heraus. Sie ist nach ein paar vereinzelten Fällen konstruiert in dem Pollinodium und Ascogon nach der oogamen Differenzierung der niederen Pilze in der ersten und nach dem Schema der Florideen in der zweiten Hälfte. Für die Spermatiensexualität haben die Florideen als Muster gedient; sie ist schematisch von diesen abgeleitet.

In der Morphologie und in der Biologie der niederen und der höheren Pilze ist die natürliche Verbindung und der phylogenetische Zusammenhang in ihren Fruchtformen hergestellt und an keiner Stelle eine Unklarheit geblieben.[1])

---

[1]) Es kann nur natürlich erscheinen, dass meine fortlaufenden vergleichenden Untersuchungen und ihre Ergebnisse den Beifall de Bary's und seiner Schule nicht fanden und dass sie mehr und mehr in gegensätzliche Berührung treten mussten zu den Resultaten und Auffassungen, welche vorher von dieser Seite mitgeteilt waren. Zunächst blieben meine Arbeiten unberücksichtigt, dann wurden sie in Referaten der botanischen Zeitung, dem Organ der Strassburgischen Schule, mit feindlichen Angriffen bedacht, welche von dem Assistenten und Kritiker Fisch gezeichnet waren. Ich liess diese Angriffe, welche sich mit jedem Erscheinen meiner Arbeiten in der botanischen Zeitung wiederholten und zu kritischen Nörgeleien und Ausfällen steigerten, so lange unbeachtet, bis ich durch die vergleichenden Untersuchungen im VII., VIII. u. IX. Teile m. W. die Grundlage gewonnen hatte für die natürliche Ableitung der beiden Klassen der höheren Pilze in ihren Fruchtformen aus den Formen der niederen Pilze, wobei die von de Bary aufgestellten Sexualitäten der höheren Pilze vollständig in Wegfall kamen. Erst dann ging ich zur Gegenwehr über und wies in den Ausführungen im VII., VIII. u. IX. Teile m. W. die Angriffe von de Bary und seinen Schülern gebührend zurück. Hierauf erfolgte Schweigen. — Inzwischen sind mit cytologischen Mitteln die Wiederbelebungsversuche mit dem Pollinodium der Ascomyceten gemacht worden, welche seine alten Verehrer in neue Aufregung versetzt haben, ganz besonders H. Solms. Er verkündet in der botanischen Zeitung (die von de Bary in seine Hände übergegangen ist) die neuen Leistungen des Pollinodiums am Ascogon, und jedesmal,

Auch die parasitisch lebenden und besonders angepassten Pilzformen konnten mit den verbesserten Kulturmethoden in die Untersuchungen hineingezogen und der Nachweis geliefert werden, dass der Parasitismus nichts ist, wie eine An-

---

wenn einer von den zwei Ascomyceten, Erysiphe oder Pyronema, auf Sexualität neu verschabt worden ist, gibt er einen vollen Ausbruch seiner myco-erotischen Begeisterung zum besten, dessen reichen Gehalt an Schwefel ich wahrlich nicht bestreiten will. H. Solms ist Schüler de Bary's, des fruchtbaren Mycologen aus dem vor. Jahrh.; Solms ist aber, trotz der damals überaus günstigen Verhältnisse, auf dem Gebiete der Mycologie gänzlich steril geblieben. Auch in der späteren Zeit hat er mycologisch gar nichts geleistet. Diese Umstände halten ihn aber nicht ab, in seinen alten Tagen auf der versandeten Arena der botanischen Zeitung als mycologischer Kritiker aufzutreten. H. Solms ist, so weit es die Sexualität der Ascomyceten angeht, schneidig geartet: Er schwärmt für Pollinodium und Ascogon in ihrem neuen cytologischen Aufputze; er verfolgt das Ziel, die geknickte Pollinodium-Sexualität wieder aufzurichten. Als Ersatz für den Kritiker Fisch an der botanischen Zeitung (der durch strafbare Handlungen seine Freiheit verwirkte), hat er die Angriffe seines Vorläufers gegen mich wieder aufgenommen, und sie verschärft in Ausfällen mit pikanten Zusätzen und den bekannten Redewendungen, welche in allen Kritiken der botanischen Zeitung wiederklingen. Da es sich hier nicht um Kundgebungen eines sachkundigen Mycologen, sondern nur um Meinungsäusserungen eines Machers handelt, der mycologisch nichts gemacht hat, und eines Kritikers, dem es an mycologischer Sachkenntnis und an eigenem Urteile völlig gebricht, der über das „jurare in verba magistri“ nicht hinausgekommen ist, so liegt kein Anlass vor, diese Solmsiaden in der botanischen Zeitung ernst zu nehmen. Sie sind durch die Darlegungen in dem jetzt vorliegenden Buche genügend abgetan und auch schon „sozusagen vorschussweise“ gebührend berücksichtigt in meinen citierten kritischen Gängen gegen de Bary und seine Schüler im VII., VIII. u. IX. Teile p. 17 d. W. — Alle aufopfernden Anstrengungen von H. Solms, das gesunkene Pollinodium wieder aufzurichten, sind von vornherein als vergebliche anzusehen. Der Misserfolg liegt in dem Materiale selbst, um das es sich hier handelt. Die Ascomyceten und die höheren Pilze sind für die Sexualitäten in Pollinodium und in Spermatien, welche von den Algen und von den niederen Pilzen entlehnt sind, ganz und gar nicht veranlagt. Es ist unmöglich, diesen die Sexualitäten aufzuquälen, die sie nicht besitzen. Die Bemühungen, die Pollinodium-Sexualität wieder herzustellen, sind so aussichtslos, wie es die Versuche sein würden, die Pleomorphie des Mucor Mucedo in die Mycologie wieder einzuführen. (Vergl. I. Teil m. W. und II. Heft der Beiträge von de Bary.) Beide Entdeckungen, die Pollinodium-Sexualität bei den Ascomyceten und die Pleomorphie von Mucor Mucedo, sind in den 60er Jahren des vor. Jahrh. von de Bary gemacht worden. Sie haben den grössten Beifall gefunden, sie haben sich aber als richtige nicht bewährt. Da nun von allen wissenschaftlichen Tatsachen nur die richtigen bestehen bleiben, die unrichtigen unvermeidlich untergehen, — was man auch an Mitteln einsetzen mag! — sie aufrecht zu erhalten, so können wir die beiden Entdeckungen de Bary's ihren weiteren Schicksalen überlassen. Die grosse Forschungsperiode über die Sexualität der Ascomyceten und der höheren Pilze, welche die Mycologen mehr als 40 Jahre lang in Anspruch ge-

passungserscheinung zwischen den Parasiten und ihren Wirten. — Die Resultate der modernen Cytologie haben sich bei den Pilzen in der Karyogamie, aber sonst nur nebenläufig bewährt und zu vorübergehenden Irrtümern geführt, namentlich bezüglich des engeren Nachweises einer Sexualität bei den carpoascen Ascomyceten.

Ich habe die Ausbildung der Kulturmethoden der Pilze, welche im wesentlichen den Gegenstand des vorliegenden Buches bilden, und durch sie die vergleichende Morphologie der Pilze in ihren Fruchtformen als meine Lebensaufgabe verfolgt. Es ist mir gelungen, in langjähriger, mühevoller Arbeit alle Unklarheiten zu beseitigen, und das natürliche System der Pilze in seinem einfachen und durchsichtigen Aufbau festzustellen, wie es schon in dem VIII. und in dem X. Teile d. W. in den Grundzügen angegeben und in dem vorliegenden Buche durch weitere Einzelheiten ergänzt ist.

Die Fadenpilze, die eigentliche Masse der Pilze, leiten ihren Ursprung von sexuell differenzierten, grünen Algen ab. Die niederen algenähnlichen Pilze besitzen noch die isogame und oogame geschlechtliche Differenzierung der Algen, welche aber mit fortschreitender, terrestrischer Anpassung nicht weiter fortgebildet wird. Für die Erhaltung der Pilze, welche auf zufällig in der Natur gegebene Substrate angewiesen sind, ist die massenhafte Erzeugung von kleinen, durch die Luft leicht vertriebbaren Sporen eine unerlässliche Notwendigkeit, und in diesen Momenten kommt die biologische Eigenart der höheren Pilze zur Geltung.

Die pflanzlichen Lebewesen spalten sich bei den isogam und oogam differenzierten Algen in eine grüne, chlorophyllführende, aufbauende Reihe von Formen, welche durch die Moose und Pteridophyten zu den Formen der höchsten, samentragenden Pflanzen, den Phanerogamen, ansteigt und in die nichtgrüne, abbauende Reihe von Pilzen, von Verwesungsorganismen, welche durch die niederen Fadenpilze zu

---

nommen hat, geht hiermit zu Ende. Die Dauer-Schwärmer für das Pollinodium und die edlen Ritter für die Weiblichkeit der ascogonen Schraube verlassen den Kampfplatz nicht heiterer! — Sie haben umsonst gekämpft und geschwärmt. — Tant de bruits pour une omelette!

den beiden grossen Formenreihen der höheren Pilze, den Ascomyceten und den Basidiomyceten, sich erhebt.[1])

In der grünen Reihe bleibt die geschlechtliche Differenzierung vorherrschend, sie durchläuft die verschiedenen Stadien des geschlechtlichen Generationswechsels, bis die ungeschlechtliche Sporengeneration selbst geschlechtlich wird, und damit der Generationswechsel und die Ungeschlechtlichkeit zu gunsten rein geschlechtlicher Individuen erlöschen. In der nichtgrünen Reihe der Pilze, der Verwesungsorganismen, ist das Umgekehrte der Fall. Die Geschlechtlichkeit tritt zurück zu gunsten der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, welche sich in eigenartigem Gange der morphologischen Differenzierung und vielfacher Spaltung ihrer Fruchtformen zu typischen Formbildungen erhebt, in welchen das Pilzreich seinen natürlichen Ausgang findet. An den Stellen, wo bei den niederen Pilzen die von den Algen überkommene isogame und oogame Geschlechtlichkeit in dem Entwicklungsgange erlischt, tritt in der ungeschlechtlichen Fructification, sowohl in der Sporangien- wie in der Conidienreihe, die eigentümliche Karyogamie in die Erscheinung, welche alle Formsteigerungen in der Ascomyceten- und in der Basidiomycetenreihe mit nur unwesentlichen Formveränderungen begleitet. Will man diese Karyogamie als die Geschlechtlichkeit der höheren Pilze gelten lassen, so muss man annehmen, dass sie, unabhängig von der früher bestehenden isogamen und oogamen Differenzierung, neu aufgetreten und dass sie ohne eine höhere Differenzierung bis zu den höchsten Formen der Pilze fast unverändert geblieben ist. Wir sind darauf angewiesen und beschränkt, die grundverschiedenen Formausbildungen in den beiden Reihen des Pflanzenreiches und das geradezu gegensätzliche Verhalten in der Ausbildung ihrer Fortpflanzungsformen auf physiologische und biologische Ursachen in der Ernährung und in der Lebensweise natürlich zurückzuführen.

---

[1]) Hier muss zur leichten Übersichtlichkeit auf den Grundplan des natürlichen Systems der Pflanzen verwiesen werden, welchen ich in dem X. Teile d. W. pag. 356 aufgestellt habe. Hier ist in anschaulicher Weise wiedergegeben, wie sich die Fadenpilze von den isogam- und oogam-differenzierten Algen abspalten, und wie sie dann in eigenartigem Gange der Differenzierung zu den höheren Formen der Pilze ansteigen und in diesen ihren natürlichen Höhepunkt und derzeitigen Endpunkt erreichen, ganz unabhängig von der grünen Reihe.

